



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

## ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ

Сборник докладов научно-технической конференции  
по итогам научно-исследовательских работ студентов  
института гидротехнического и энергетического строительства  
НИУ МГСУ

*(г. Москва, 2–6 марта 2020 г.)*

© Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет, 2020

ISBN 978-5-7264-2211-4

Москва  
Издательство МИСИ – МГСУ  
2020

УДК 62+378

ББК 38

Д54

Д54 **Дни студенческой науки** [Электронный ресурс] : сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института гидротехнического и энергетического строительства НИУ МГСУ (г. Москва, 2–6 марта 2020 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, институт гидротехнического и энергетического строительства. — Электрон. дан. и прогр. (19,5 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. — Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>. — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7264-2211-4

В сборнике содержатся доклады участников научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института гидротехнического и энергетического строительства МГСУ за 2019–2020 учебный год, которая проходила с 2 по 6 марта 2020 г.

Для обучающихся по всем направлениям подготовки, а также для всех читателей, интересующихся современными тенденциями в студенческой науке строительного вуза.

*Научное электронное издание*

*Доклады публикуются в авторской редакции.  
Авторы опубликованных докладов несут ответственность  
за достоверность приведенных в них сведений.*

© Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет, 2020

Ответственные за выпуск:

*С.А. Сергеев, В.А. Курочкина, И.Ю. Яковлева, С.М. Сельвиан*

Институт гидротехнического и энергетического строительства  
(ИГЭС НИУ МГСУ).

Сайт: <http://www.mgsu.ru>

<http://iges.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Instituti/IGES/>

Тел. +7 (499) 183 43 83

E-mail: [iges@mgsu.ru](mailto:iges@mgsu.ru)

Макет подготовлен оргкомитетом конференции

*Для создания электронного издания использовано:*

Microsoft Word 2013, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 29.05.2020. Объем данных 19,5 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский

Московский государственный строительный университет»

129337, г. Москва, Ярославское ш., д. 26

Издательство МИСИ – МГСУ.

Тел.: + 7 (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.

E-mail: [ric@mgsu.ru](mailto:ric@mgsu.ru), [rio@mgsu.ru](mailto:rio@mgsu.ru)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### СЕКЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ И ГЕОЭКОЛОГИИ. ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ.

<i>Абдалов Р. Е.</i> Современное состояние радиационной обстановки Мытищинского района	9
<i>Амрашева А.Т.</i> Перспективы развития строительства и безопасной эксплуатации мусороперерабатывающих заводов	19
<i>Билык Н.В.</i> Анализ изученности влияния основных электрогенерирующих объектов на геоэкологические условия территорий АЭС	31
<i>Бородулина А.И.</i> Проблема загрязнения атмосферного воздуха и природных вод в Ярославской области	37
<i>Бравов Н.С., Греков Д.В.</i> Геодезическое обеспечение фасадных работ	45
<i>Бузмакова Е.Н.</i> Технология «waste-to-energy»	53
<i>Данилов М. А.</i> Фиторемедиация как современный метод очистки почв	62
<i>Данченко А.А.</i> Энергетические проблемы цифровизации сельского хозяйства	81
<i>Достовалова А.Е.</i> Эффективность использования тепловых насосов в зависимости от конструктивных решений здания и территориального расположения объекта	88
<i>Ерохина Я. Ю., Сергиенко А. Д., Герасимова А. В.</i> Использование вторичного сырья в производстве строительных материалов	95
<i>Ерохина Я. Ю., Сергиенко А. Д., Герасимова А. В.</i> О возможном влиянии на здания и сооружения оползней, вызванных грозовой и слабой сейсмической активностью	107
<i>Зеленов В. В.</i> Проблема утилизации бытовых отходов	118
<i>Иванов Н.Э., Недорезова А.А.</i> Влияние тяжелых металлов на окружающую среду	126
<i>Калюкшева А. П., Гайфутдинова А. Л.</i> Вторичное использование строительного мусора	134
<i>Карабашева А.М.</i> Воздействие электробусов на окружающую среду	145
<i>Карих Е.Ю.</i> Состояние окружающей среды города Оренбурга и области	154
<i>Клещев Г.Д.</i> Актуальность, проблемы и перспективы строительства экодуков	161
<i>Коротеева М. С., Бажин П. В.</i> Выбор шага тахеометрической съемки при мониторинге строительных объектов	169
<i>Коцкий И. К.</i> Экологическая обстановка в городском округе Орехово-Зуево	180
<i>Кренц Ю. В.</i> Актуальность применения мобильных складских сооружений и их влияние на состояние окружающей среды	188
<i>Кудина В. С., Янченко А.П.</i> Сравнительный анализ методов подсчёта объёма котлована	196



<i>Кулагина А. С., Репетенко К. С.</i> Экологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС	206
<i>Ларина В.А., Салмина В. А.</i> Возобновляемые источники энергии как будущее экономики страны на примере инфраструктурных объектов	223
<i>Мартиросов А. С., Чичерова А. В.</i> Источники возобновляемой энергии, как будущее для всех отраслей экономики	230
<i>Матрохин М.А.</i> Влияние промышленных предприятий на уровень загрязнения атмосферного воздуха (на примере Оренбургской области)	238
<i>Мелкумян А.О., Хуриев В.А.</i> Актуальность применения современных BIM-технологий в проектировании инженерных систем объектов атомной энергетики	251
<i>Нижегородов Д. И., Пантелеев Д. Ю.</i> Современное экологическое состояние СВАО Москвы	259
<i>Никишова А. А.</i> Экологические аспекты, способствующие возникновению коронавируса человека	266
<i>Пазухина А.Ю.</i> Сохранение экологической безопасности как основная цель строительства уникальных сооружений	272
<i>Попова Д. В.</i> Влияние городской застройки на экологию Красноярска	279
<i>Самохина И.Ю., Шекова А.С.</i> Бахилы как фактор антропогенного воздействия на среду	285
<i>Санкин А. Б.</i> Транспортная загруженность и загрязненность Северо-Восточного административного округа (СВАО) города Москвы	293
<i>Смирнов П.Е., Марченко М.Г.</i> Вывод из эксплуатации АЭС	301
<i>Смирнова В.А.</i> О возможности применения источников возобновляемой энергии в зонах ООПТ	318
<i>Тарасенкова А.А.</i> Методы экологического строительства на сельскохозяйственных территориях	324
<i>Торопцева А.Н., Соловьева М.Ю.</i> Зеленое строительство	333
<i>Червач В.В., Медынцев А. А.</i> Загрязнение угольной пылью водоемов и близлежащих территорий Владивостока	340
<i>Шелабина Е.В., Генерозова А.А.</i> Проблема дефицита воды в Африке	351
<i>Юхано Д.Д., Цороев А.М.</i> Альтернативный подход к снижению антропогенного воздействия на окружающую среду в мегаполисах (Башня жемчужной реки)	361
<i>Янченко А.П. , Кудина В.С.</i> Проблема загруженности автомобильным транспортом в больших городах	367

## СЕКЦИЯ МЕХАНИКИ ГРУНТОВ И ГЕОТЕХНИКИ

<i>Бехтев И.К.</i> Влияние коэффициента перебора (по пеку) на щитовую проходку тоннелей метрополитенов	374
<i>Денисова Д.А.</i> Анализ изменения напряженно деформированного состояния элементов конструкции тоннельной обделки вследствие отклонения фактического положения блоков в кольце от проектного	383
<i>Арнаутова А.А., Заводова А.А.</i> Назначение минимальной глубины заложения свайных фундаментов на многолетнемерзлых грунтах с учетом аварийных ситуаций	387
<i>Кириченко М. О.</i> Инженерные изыскания и конструктивные особенности при строительстве подземной части небоскреба «ЛАХТА-Центр»	391
<i>Пахтушкина О.А.</i> Особенности намывных грунтов в условиях вечной мерзлоты	398
<i>Рябухин Г.В., Дёгрик В.Г.</i> Особенности строительства на территориях сноса старой застройки в условиях вечной мерзлоты	403
<i>Сельвиан А. О.</i> Вопросы и проблемы реконструкции эскалаторной галереи расположенной на Воробьевых горах по адресу: г. Москва, ул. Косыгина, д. 20	408
<i>Алмакаева А.С.</i> Результаты исследования особенностей взаимодействия грунтового массива с подземными конструкциями	415
<i>Емельянов Д.В.</i> Способы бестраншейной прокладки трубопроводов	423
<i>Ступивцев А.В.</i> Использование многолетнемерзлого грунта в качестве основания для мелкозаглубленного фундамента	430
<i>Талалаев Н.С.</i> Особенности применения свайных фундаментов на подрабатываемых территориях	436
<i>Шарипова Л.С.</i> Современные тенденции в геомеханической классификации скальных грунтов	445

## СЕКЦИЯ ГИДРАВЛИКИ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

<i>Куприн А.В.</i> Размывы от волн цунами	454
<i>Новаков А.Д.</i> Дамба как средство защиты от воздействия волн цунами	460
<i>Серов А.В., Скотинников В.А.</i> Рыбоохранный комплекс гидротехнических сооружений на каскаде Нижне-Черекских ГЭС	467
<i>Меженев В.А., Скокк К.И.</i> Принцип работы гидроабразивного станка	478

<i>Затонских М. А.</i> Многослойные взаимодействующие циркуляционные потоки жидкости и газа	483
<i>Скляднев М. К.</i> Лазерные технологии при изучении движения жидкости и газа	492
<i>Лукичев Р.В.</i> Трассерная визуализация вихревых потоков	498
<i>Щербина П.О.</i> Гашение кинетической энергии потока с помощью взаимодействующих слоев жидкости	505
<i>Тюменцев В.С., Шпудейко М.Н., Абрамова Л.В.</i> Анализ причин разрушения габионов	514
<i>Толмачев Д.А., Федорова П.А.</i> Методы расчета траншейного водосброса	523
<i>Ши Вэньли, Ли Тянь, Чжан Цзюньхао, Чжан Хэчэнь, Бай Цзин, Ян Сяоя.</i> Гидроузел «Три ущелья» на реке Янцзы (Китайская народная республика)	529
<i>Ван Чжэньсюань, Сун Хуншу, Чжан Чжэнь, Чжан Синь.</i> Проект переброски вод реки Янцзы в бассейны рек Хуанхэ И Хай (Китайская народная республика)	534

**СЕКЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ И ГЕОЭКОЛОГИИ.  
ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СОВРЕМЕННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ.**

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ МЫТИЩИНСКОГО РАЙОНА**

**Абдалов Р. Е.**

студент 4 курса 9 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный консультант: Бузякова И. В.**

канд. геогр. наук, доцент кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **АННОТАЦИЯ**

В данной статье представлена аналитическая информация о современном состоянии радиационной обстановки Мытищинского района. **Целью** исследования является оценка радиационной обстановки Мытищинского района. Материалами для изучения радиационной обстановки округа являлись Постановления Правительства Московской областной думы и Правительства Московской области, Федеральные Законы, Строительные Правила и Санитарные Правила и Нормы. Методы исследования представлены натурными и лабораторными измерениями специальными приборами радиометрического контроля. В результате исследований было выявлено, что показатели радиационной безопасности не превышают нормативно-допустимых значений. Поэтому радиационная обстановка в Мытищинском районе находится в норме и является безопасной. Несмотря на это следует продолжать вести контроль над территорией округа, проводить плановые мониторинги и организовывать мероприятия по уменьшению уровня облучения населения.

**Ключевые слова:** радиация, радиационная обстановка, радиационная безопасность, инженерно-экологические изыскания.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Мытищинский муниципальный район является крупным индустриальным и культурным центром Подмосковья, обладает мощным ресурсным потенциалом и считается одним из районов-лидеров в Московской области по показателям качества городской среды. Территория Мытищинского района представляет собой значительно преобразованную природно-техногенную систему. Динамичное промышленное воздействие при наличии большого числа предприятий, очень высокий уровень развития сельского хозяйства, а также непосредственная близость к МКАДу и великое множество транспортных средств привели к

деградации компонентов природной среды (смыв почвенных горизонтов, обмеление рек, истощение подземных вод, исчезновение многих видов флоры и фауны) и формированию напряженной экологической обстановки в настоящее время.

В последнее время в Мытищинском районе ведётся интенсивное строительство новых объектов жилого и общественного назначения, что влечет за собой активный рост населения. Согласно статистическим данным в 2005 году оно составляло порядка 186000 жителей, а на начало 2020 года – 278000 жителей. По этим причинам, территория города является очень интересной с точки зрения изучения вопроса о радиационной обстановке, так как нормы, правила и методические указания по радиационной защите предъявляют строгие требования к территориям застройки, ведению строительства и строительным материалам для комфортной и безопасной жизнедеятельности людей.

Летом 1988 года в поселке Жостово Мытищинского района, вблизи заболоченного пруда, на площади около 4,5 гектар отмечено 49 очагов радиоактивного загрязнения. В результате дезактивации устранено более 13 тонн радиоактивных отходов и 17 тонн зараженного грунта. Максимальный уровень радиации достигал 440 микроРентген в час (мкР/ч) при том, что, согласно рекомендациям Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ), природный радиационный фон в среднем варьируется от 4 до 12 мкР/ч, а безопасный уровень – до 60 мкР/ч. Радиоактивное загрязнение было обнаружено в верхних слоях грунта и иловых отложениях. Как было выяснено, при подробном исследовании у водоема было найдено скрытое хранилище источника ионизирующего излучения цезия-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ), являющегося опасным радиоактивным нуклидом с периодом полураспада 30,17 лет и полного распада 300 лет. Попадая в организм человека через легкие и желудочно-кишечный тракт, цезий накапливается в мышцах, костях, печени и почках, тем самым провоцируя более быстрое образование злокачественных опухолей, развитие инфекционных заболеваний и нарушение обмена веществ.

Помимо произошедшей Жостовской аномалии существенный вклад в состояние радиационной обстановки вносят предприятия машиностроения и электротехники, стройиндустрии, теплоэнергетики, среди которых крупнейшими загрязнителями являются ОАО «Метровагонмаш», ОАО «Мытищинский электромеханический завод», ОАО «Мытищинский машиностроительный завод», ОАО «Перловский опытный завод экспериментального энергетического оборудования», ООО «АБЗ-Мытищи», ОАО «Мосстройпластмасс», МУП «Полигон», ТЭЦ-27, МУП «Теплосеть г. Мытищи», ЗАО «Асфальт» и другие, а также автомобильный и железнодорожный транспорт.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Проблема напряженной экологической, а в том числе и радиационной, обстановки в Мытищинском городском округе является актуальной и по сей день. В научных трудах [1-3] авторы анализируют экологическое состояние Московской области в целом, упоминая о том, что экологические условия в Мытищинском районе одни из неблагоприятных в регионе.

О том, что ситуация с радиационным выбросом у Жостовского карьера летом 1988 года получила широкую известность и носила тревожный характер, свидетельствует упоминание в газетной публикации [4], где поселок Жостово расценивают как подмосковный Чернобыль. Спустя несколько лет, а именно в 2006 и 2009 годах, были изданы постановления [5, 6], в выдержках которых говорится, что, несмотря на улучшение радиационного фона по сравнению с 90-ми годами, необходимо продолжать вести контроль над прилегающей территорией, проводить плановые мониторинги и соблюдать осторожность при освоении близлежащих участков земли.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мониторинг радиационной ситуации входит в комплекс инженерно-экологических изысканий и проводится в соответствии с нормативными документами: СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» и СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства».

Инженерно-экологические изыскания выполняются для анализа нынешнего состояния и прогноза вероятных изменений окружающей среды под влиянием антропогенной нагрузки с целью минимизации, частичного устранения или полной ликвидации вредных и нежелательных экологических и, связанных с ними, социальных, экономических и других последствий, чтобы сохранить оптимальные условия жизни населения. Задачи инженерно-экологических изысканий определяются особенностями природной обстановки, характером существующих и планируемых антропогенных воздействий.

Исследование и оценка радиационной обстановки в составе инженерно-экологических изысканий выполнялись на основании:

- Федерального закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30.03.99г.;
- Федерального закона «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ от 09.01.96г.;
- СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010);
- СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)».

- СанПиН 2.6.1.2800-10 «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего облучения»;

В качестве исследуемого участка (Рис. 1) была определена территория вблизи городской застройки общей площадью 1,5 гектара, располагающаяся вдоль Московской кольцевой автодороги. Расстояние до крупных предприятий составляет: до ОАО «Метровагонмаш» – бкм, до ОАО «Перловский опытный завод экспериментального энергетического оборудования» – 4 км, до ТЭЦ-27 – 1,5 км. От эпицентра Жостовской аномалии до исследуемого участка – 13 км.



**Рис. 1.** Исследуемый участок.

Для выявления и анализа опасности источников внешнего гамма-излучения проведены (табл. 1):

- поисковая гамма-съемка территории;
- определение мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения;
- определение плотности потока радона (ППР) с поверхности грунта в пределах площади исследуемого участка;
- радиометрическое опробование и последующий гамма-спектрометрический анализ проб в лаборатории (определение радионуклидного состава загрязнений и их активности).



**Табл. 1.** Сводная ведомость объема работ

<b>Виды работ</b>	<b>Объем выполненных работ</b>
<b>Полевые работы</b>	
Поисковая гамма-съемка территории	1,5 га
Радиологическое обследование участка (точек мощности эквивалентной дозы МЭД)	30 замеров
Измерение точек плотности потока радона (ППР)	80 замеров
<b>Лабораторные исследования</b>	
Спектрометрическое исследование грунта	12 анализов

Гамма-съемка территории проведена по прямолинейным профилям, расстояние между которыми не превышает 5 м в пределах участка исследования в режиме свободного поиска. Всего проведено по всему участку 30 замеров МЭД в контрольных точках, которые равномерно были распределены по всей обследуемой территории с учетом максимальных показателей прибора при оценке гамма-фона. Для гамма-съемки земельного участка были применены дозиметр-радиометр ДРБП-03 и дозиметр ДКГ-07Д «Дрозд».

При измерении точек ППР была измерена эффективная удельная активность естественных радионуклидов ( $A_{эфф}$ ): удельная активность ( $A_{уд}$ ) радия  $^{226}\text{Ra}$ , тория  $^{232}\text{Th}$  и калия  $^{40}\text{K}$ , а также удельная активность техногенных радионуклидов ( $A_{эфф}$ ) по изотопу цезия ( $^{137}\text{Cs}$ ). Измерения проводились с помощью прибора «Альфарад плюс – AP» и автономной воздуходувки АВ-07.

В качестве лабораторного исследования была произведена спектрометрия грунта, позволяющая оценить наличие природных радионуклидов в объектах окружающей среды. Проверка содержания радионуклидов в пробах почвы проводилась спектрометром МКГ-АТ 1321.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе проведенных радиационно-экологических изысканий поверхностных радиационных аномалий (локальных пятен) на исследуемой территории не обнаружено. Гамма-фон на этом участке однороден и по своей величине не отличается от присущего данной местности.

Мощность дозы гамма-излучения на выбранной территории измерена в 30 точках. Значения МЭД варьируют от 0,09 до 0,15 мкЗв/ч (от 9 до 15 мкР/ч).

Исходя из полученных результатов (табл. 2), среднее значение мощности дозы гамма-излучения по всему участку составляет 0,12 мкЗв/ч (12 мкР/ч).

**Табл. 2.** Результаты измерений значений МЭД внешнего гамма-излучения

№ точки	Результат измерения $\times 10^{-2}$ , [мкЗв/ч]	№ точки	Результат измерения $\times 10^{-2}$ , [мкЗв/ч]	№ точки	Результат измерения $\times 10^{-2}$ , [мкЗв/ч]
1	0,09	11	0,13	21	0,14
2	0,11	12	0,12	22	0,11
3	0,10	13	0,12	23	0,11
4	0,13	14	0,09	24	0,12
5	0,11	15	0,10	25	0,13
6	0,09	16	0,13	26	0,09
7	0,09	17	0,11	27	0,12
8	0,14	18	0,09	28	0,15
9	0,12	19	0,14	29	0,10
10	0,11	20	0,12	30	0,12

Для проведения исследования на показатель плотности потока радона с поверхности почвы на земельном участке были определены 80 точек.

Плотность потока радона в выбранных точках находится в диапазоне от 15 до 44 мБк/с·м<sup>2</sup>, а среднее предельное значение плотности потока радона (ППР<sub>ср</sub>) по всем измерениям (табл. 3) составляет 30 мБк/с·м<sup>2</sup>, что не превосходит допустимый уровень 80 мБк/с·м<sup>2</sup> при выборе участков под строительство зданий и сооружений.

**Табл. 3.** Результаты измерений значений ППР

<b>№ точки</b>	<b>Результат измерения, [мБк/с·м<sup>2</sup>]</b>	<b>№ точки</b>	<b>Результат измерения, [мБк/с·м<sup>2</sup>]</b>	<b>№ точки</b>	<b>Результат измерения, [мБк/с·м<sup>2</sup>]</b>
1	18 ± 4	28	18 ± 5	55	35 ± 14
2	37 ± 16	29	16 ± 4	56	25 ± 9
3	27 ± 8	30	21 ± 7	57	15 ± 3
4	16 ± 4	31	26 ± 8	58	18 ± 5
5	18 ± 4	32	25 ± 9	59	21 ± 6
6	30 ± 11	33	16 ± 4	60	32 ± 12
7	23 ± 6	34	15 ± 3	61	21 ± 6
8	21 ± 6	35	32 ± 12	62	17 ± 4
9	16 ± 4	36	30 ± 11	63	26 ± 8
10	18 ± 5	37	21 ± 7	64	25 ± 9
11	25 ± 49	38	19 ± 5	65	29 ± 11
12	38 ± 14	39	16 ± 4	66	30 ± 11
13	35 ± 14	40	17 ± 4	67	43 ± 20
14	40 ± 19	41	18 ± 5	68	44 ± 21
15	30 ± 11	42	30 ± 10	69	41 ± 19
16	27 ± 10	43	21 ± 6	70	23 ± 6
17	19 ± 5	44	16 ± 4	71	25 ± 9
18	30 ± 11	45	22 ± 6	72	18 ± 4
19	17 ± 4	46	24 ± 9	73	21 ± 7
20	16 ± 4	47	22 ± 6	74	23 ± 6
21	15 ± 3	48	25 ± 9	75	30 ± 11
22	24 ± 9	49	18 ± 4	76	24 ± 7

23	25 ± 9	50	20 ± 6	77	38 ± 17
24	27 ± 10	51	24 ± 9	78	20 ± 5
25	20 ± 6	52	30 ± 11	79	19 ± 5
26	17 ± 5	53	27 ± 10	80	16 ± 4
27	17 ± 4	54	23 ± 6		

На выбранной территории было отобрано 12 проб грунта с целью проверки их на содержание естественных радионуклидов и цезия-137. Эффективная удельная активность ( $A_{эфф} \pm \Delta A_{эфф}$ ) вычисляется согласно ГОСТ 30108-94. По результатам лабораторных работ (табл. 4) установлено, что удельная активность радионуклидов не превышает нормативных уровней.

**Табл. 4.** Результаты определения удельной активности радионуклидов в пробах грунта

Номер пробы	Глубина отбора, м	$^{137}\text{Cs}$ $\pm \Delta^{137}\text{Cs}$ , [Бк/кг]	Естественные радионуклиды			Эффективная удельная активность $A_{эфф} \pm \Delta A_{эфф}$ , [Бк/кг]
			$^{226}\text{Ra}$ $\pm \Delta^{226}\text{Ra}$ , [Бк/кг]	$^{232}\text{Th}$ $\pm \Delta^{232}\text{Th}$ , [Бк/кг]	$^{40}\text{K}$ $\pm \Delta^{40}\text{K}$ , [Бк/кг]	
1	0,0-0,2	5	12 ± 2	18 ± 6	311 ± 15	38,26 ± 16
2	0,2-1,0	7	15 ± 4	30 ± 11	355 ± 18	40,54 ± 19
3	1,0-1,6	9	18 ± 7	34 ± 12	407 ± 26	45,16 ± 25
4	0,0-0,2	5	12 ± 3	25 ± 9	367 ± 22	42,77 ± 22
5	0,0-0,2	6	10 ± 2	20 ± 7	344 ± 17	40,35 ± 19
6	0,2-1,0	6	14 ± 4	30 ± 11	372 ± 24	44,52 ± 24
7	1,0-1,6	9	17 ± 6	33 ± 11	360 ± 22	41,24 ± 20
8	0,0-0,2	5	12 ± 3	25 ± 14	367 ± 19	42,75 ± 21
9	0,0-0,2	6	11 ± 2	20 ± 10	380 ± 21	40,35 ± 19
10	0,2-1,0	9	13 ± 4	25 ± 14	396 ± 23	42,54 ± 21
11	1,0-1,6	5	15 ± 6	28 ± 16	345 ± 17	42,62 ± 21
12	0,0-0,2	5	12 ± 2	27 ± 10	321 ± 16	39,48 ± 17
<b>Средние значения</b>		<b>7</b>	<b>14</b>	<b>26</b>	<b>359</b>	<b>41,7</b>

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведя ряд измерений по анализу радиационной обстановки Мытищинского района, было выяснено следующее:

- 1) Локальных пятен радиоактивного загрязнения не выявлено.
- 2) Измеренная мощность эквивалентной дозы (МЭД) внешнего гамма-излучения не превышает 0,3 мкЗв/ч, что соответствует требованиям, установленным п.5.2.3. ОСПОРБ-99/2010 и п. 5.2.3 МУ 2.6.1.2398-08 «Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности».
- 3) Среднее значение плотности потока радона (ППР) с поверхности грунта на обследуемом участке не превышает предельно-допустимый уровень, нормирующийся СП 11-102-97 и ОСПОРБ-99/2010.
- 4) По показателям радиационной безопасности исследованные образцы проб почвы соответствуют требованиям п. 5.3.4 СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/09)», согласно которому эффективная удельная активность  $A_{эфф}$  проб почвы не должна превышать 370 Бк/кг, следовательно, грунт относится к 1-му классу строительных материалов и может использоваться без ограничений по радиационному фактору.

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что радиационный фон Мытищинского района находится в норме и является безопасным, а значит радиационная обстановка округа является вполне благоприятной для населения. Однако в целях предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера и защиты населения от их последствий следует осуществлять непрерывный контроль над радиационной ситуацией местности, минимизировать облучение путем обеспечения сохранности источников излучения и ограничения выбросов радионуклидов в окружающую среду.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арустамов Э.А., Гильденскиольд С.Р. Анализ экологического состояния Московской области в год экологии России // Интернет журнал «Науковедение». 2017. Том 9, №2.
2. Арустамов Э.А., Гильденскиольд С.Р. Экологическая оценка состояния Московской области в Год Экологии России // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2017. № 1. С. 60–68.

3. Медведков А.А., Ткачев А.Ю. Актуальные приоритеты охраны природы в Московской области // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 2. С. 42–50.
4. «Подмосковные Чернобыли», опубликовано в газете «Коммерсантъ» №55 от 03 апреля 1998, стр. 9 [Электронный ресурс] <https://www.kommersant.ru/doc/216177>
5. Постановление Московской областной думы от 5 июля 2006 года № 9/186-П «Об итоговом отчёте о реализации государственной программы Московской области «Радиационная безопасность Московской области на 1999-2005 годы».
6. Постановление Правительства Московской области от 8 апреля 2009 года № 262/14 «Об итоговом отчёте о реализации областной целевой программы «Радиационная безопасность Московской области на 2006-2010 годы».

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ**

**Амрашева А.Т.**

студент 3 курса 7 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный руководитель: Суздалева А.Л.**

доктор биологических наук, профессор кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В современном мире одной из главных глобальных проблем, с каждым годом требующих все более быстрого и эффективного решения, является утилизация мусора. За последние 150 лет количество выделяемых человеком отходов выросло в несколько раз. Создание новых, более дешевых материалов из пластика, выпуск огромного количества новой продукции, одноразовые предметы быта и гигиены – все это превратило человечество в общество потребления, которое не задумывается о последствиях своих действий. Разовое или недолговечное использование продукции и ее скорое «списывание» порождают спрос в создании новых вещей, которые по истечению срока эксплуатации запускают новую ветвь огромной, бесконечной цепи «создание – использование – сброс».

**Ключевые слова:** утилизация мусора, пластик, охрана окружающей среды, мусороперерабатывающие заводы

### **ВВЕДЕНИЕ**

Люди уже давно привыкли к подобной модели поведения в жизни, к тому, что любую вещь можно купить, а когда она станет не нужна, то просто выкинуть ее куда угодно: в мусорное ведро, на улицу, в воду. Но в наше время подобная модель жизни, несмотря на свое удобство, перестала быть по-прежнему безопасной и эффективной, потому что постепенно, с течением времени, мусор, выбрасываемый человеком, стал возвращаться к нему, причем в масштабах более глобальных и опасных для его здоровья. Свалки начали занимать значительное количество территорий регионов и стран, постоянно растущее накопление мусора из различных материалов повлекло за собой обильное выделение вредных, ядовитых веществ, которые постепенно стали проникать в почву, воду, атмосферу Земли и разноситься по окрестностям полигонов с отходами. Одним из отрицательных последствий

вышеописанной ситуации стало заметное усиление парникового эффекта, который ведет к разрушению атмосферных слоев и существенному изменению климата. Подобный результат в разных частях планеты в совокупности стал угрозой для всей биологической системы Земли. И когда ухудшение экологической обстановки достигло своего пика, многие страны мира задумались об острой необходимости поиска решения данной проблемы, масштабы которой сделали ее глобальной и всеобщей для человечества.

Люди поняли, что больше бездумно выкидывать мусор нельзя, так как в будущем это приведет к «отравлению» окружающей среды, а значит, и самого человека. Подобный вывод подтолкнул общество к поиску современной альтернативы принятым способам утилизации отходов, которая позволила бы избавляться от мусора безопасным для природы путем.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

С течением времени были разработаны и выделены новые методы утилизации бытовых отходов, отличающиеся своей экологичностью и эффективностью [1-3]. Условно эти методы можно разделить на 3 больших категории: переработка отходов, захоронение и сжигание. Методы утилизации должны подбираться отдельно для каждой из групп имеющихся отходов, а эффективность переработки при этом определяется временными и материальными затратами на проведение работ. Также правила утилизации биологических отходов включают в себя использование рефрижераторов для перевозки и хранения материалов, а отходы подобного типа могут быть направлены на переработку лишь после прохождения санитарной экспертизы. В случае выявления опасности заражения такие отходы уничтожаются [4].

Сейчас правила и нормы утилизации отходов закреплены на уровне законодательства соответствующими федеральными законами в сфере природопользования и обращения с отходами. Главным правилом утилизации является максимально возможное сокращение опасности для окружающей среды и здоровья населения [5].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В наше время существует множество различных способов утилизации отходов, которые можно условно сгруппировать по следующим направлениям:

- Захоронение на специальных полигонах;
- Переработка для получения недорогого сырья;
- Сжигание (термической утилизации отходов).

Среди них самыми эффективными считаются сжигание, брикетирование, компостирование и захоронение. Самым популярным способом утилизации мусора является



его захоронение на полигонах. Как правило, данный способ применяют только к тем видам отходов, которые невозможно использовать для вторичного производства, ввиду незначительного сокращения итогового объема мусора. Процесс в этом случае состоит из нескольких стадий: сортировки – в зависимости от периода разложения материалов, прессования и складирования на полигоне. Полигоны для захоронения мусора располагаются на значительном расстоянии от любых населенных пунктов и предполагают наличие всех необходимых сооружений, позволяющих предотвратить попадание опасных веществ в почву, воду или атмосферу. Процессы компостирования (метод переработки отходов, основанный на естественном процессе биологического разложения) и брикетирования (способ утилизации бытовых отходов, основанный на тщательной сортировке и упаковке гомогенного мусора в отдельные брикеты с последующим хранением их на специализированных полигонах) имеют практически аналогичные стадии. Стоит отметить, что «мусорный» компост непригоден для сельскохозяйственных целей, в большинстве случаев его можно использовать только в качестве «покрывала» при захоронении отходов (исключением является состав компоста из растительного утильсырья). Вышеописанные методы утилизации являются более экологически безопасными по сравнению с вывозом мусора на свалки, но они не полностью решают проблему избавления от огромного скопления отходов. На рисунке 1 представлена предлагаемая схема передвижения твердых бытовых отходов (ТБО) и вторсырья в Калужской области, предлагаемая к реализации в рамках программы «Государственное управление в сфере обращения с отходами производства и потребления» [6].



**Рис. 1.** Предлагаемая схема передвижения ТБО и вторсырья [6]

Сейчас, проблема обращения с отходами стоит очень остро, люди все чаще пользуются таким методом утилизации отходов, как термическая обработка мусора (сжигание, пиролиз). Однако осуществлять его допускается исключительно на оснащенных специализированным оборудованием заводах для того, чтобы избежать негативного воздействия продуктов горения

на окружающую среду, в частности атмосферу Земли. На рисунке 2 завод по термической переработке мусора AVG Köln (Германия), который перерабатывает твёрдые коммунальные отходы в электрическую и тепловую энергию с 1998 года. Его производительность— 730 тыс. т ТКО в год, мощность— 444 тыс. МВт в час, опираясь на эти цифры, можно сказать, что ТБО можно рассматривать как своего рода нетрадиционный вид топлива.



**Рис. 2.** Завод по термической переработке мусора AVG Köln (Германия)

Но уничтожение мусора подобным способом сможет принести дополнительную выгоду в качестве альтернативного способа получения тепла и электроэнергии, необходимых для производственных и бытовых нужд. В печах и котлах для сжигания перерабатывается от 55 до 72 процентов отходов. Часть полученной золы пригодна для производства бетонных изделий (например, тротуарной плитки, бордюрного камня, строительных плит), а неиспользованные остатки и вредный дым, выделяющийся при сжигании, в дальнейшем подлежат обезвреживанию и утилизации (рис.3). Применение такого метода позволяет снизить количество отходов и предотвращает их поступление в почву и грунтовые воды.

Применение технологии термической утилизации отходов имеет ряд недостатков. К недостаткам этого метода можно отнести опасность загрязнения атмосферы загрязняющими веществами. Дымовые газы, образующиеся при сжигании ТБО, содержат в своем составе такие вредные вещества как оксиды серы и азота, оксид углерода, хлористый и фтористый водород, летучую золу, тяжелые металлы. При сжигании отходов, содержащих синтетические полимерные материалы, образуются диоксины и фураны. Диоксины являются самыми токсичными из синтезированных человеком веществ [8].

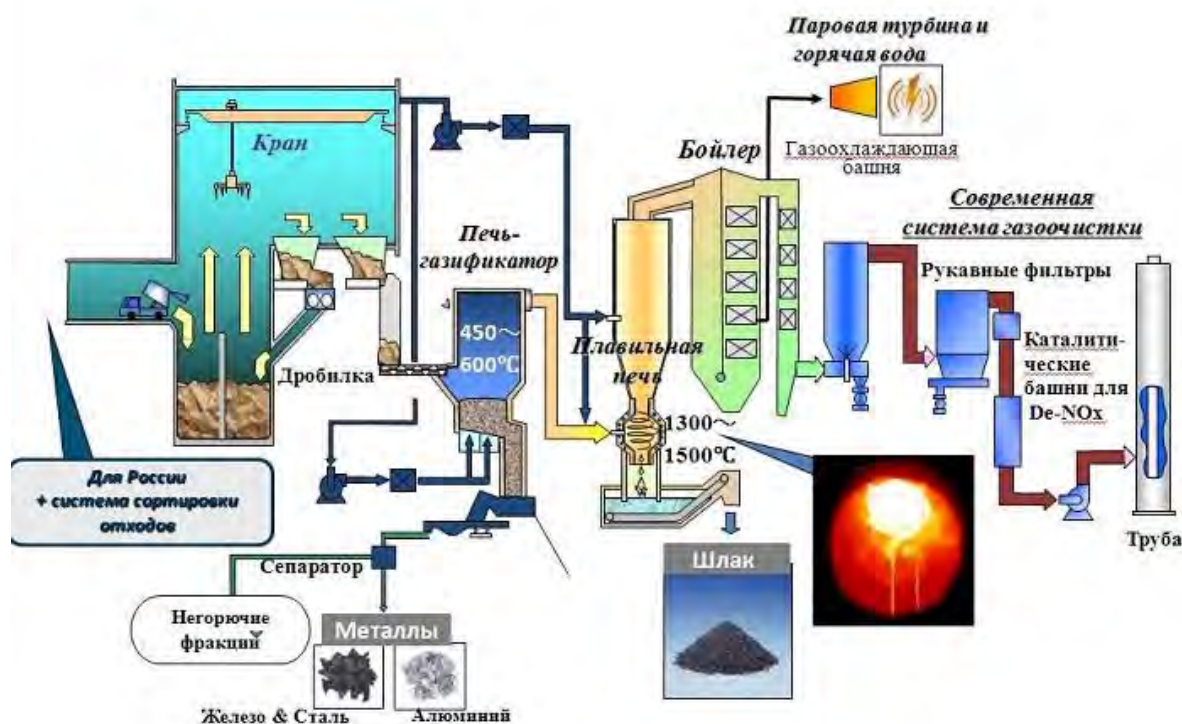


Рис. 3. Технология термической утилизации отходов [8]

Это может вызвать нарушение экологии региона, где находится завод, и увеличение числа онкологических заболеваний среди жителей его окрестностей. Современные очистные устройства и фильтры значительно снижают вред выделяемых в атмосферу веществ, но, к сожалению, они не могут устранить его полностью, а на более совершенное оборудование у руководителей заводов не всегда хватает материальных ресурсов.

В этом смысле пиролиз твердых бытовых отходов имеет неоспоримые преимущества перед утилизацией мусора сжиганием. С одной стороны, это более экологичный метод рециклинга, при котором происходит гораздо меньшее загрязнение окружающей среды, с другой стороны, пиролизом перерабатываются отходы, которые сложно утилизировать, например, старые шины [9].

По воздействию разных значений температур на мусор пиролиз делится на низкотемпературный (при температуре до  $900^{\circ}\text{C}$ ) и высокотемпературный (при температуре больше  $900^{\circ}\text{C}$ ) (рис. 4 и 5).



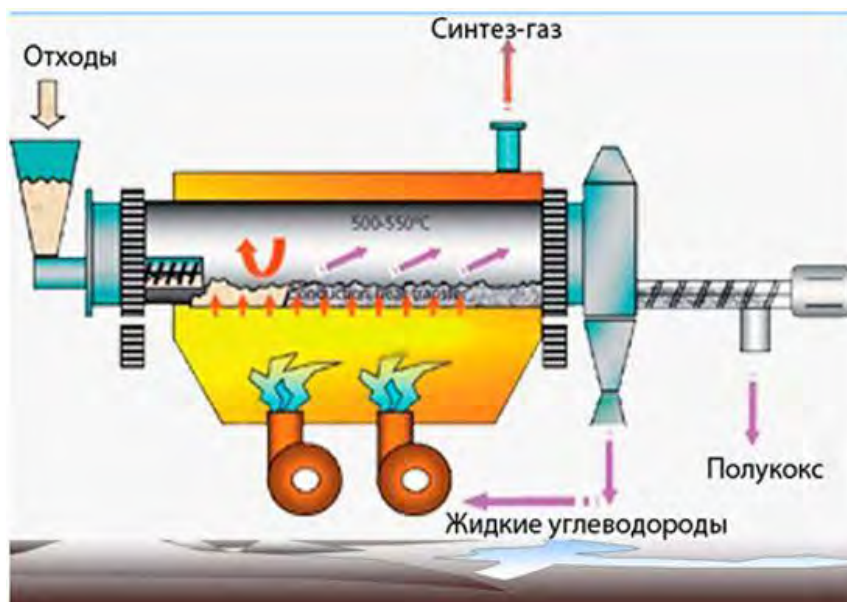


Рис. 4. Принципиальная схема низкотемпературного пиролиза [9]

Современное пиролизное оборудование может работать с использованием сырья, полученного почти из любых видов органических отходов с использованием собственной энергии. Обязательной составной частью системы аппаратов для пиролиза является реактор.

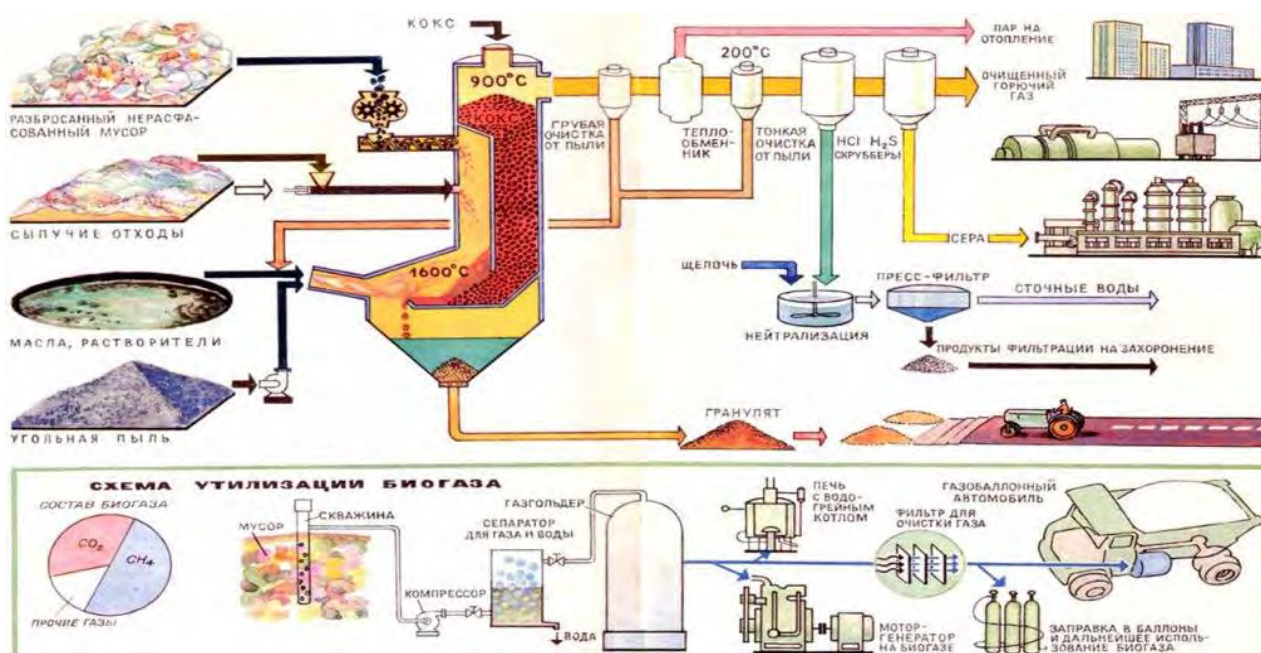


Рис. 5. Принципиальная схема высокотемпературного пиролиза [9]

Однако этот метод имеет ряд недостатков и оказывает меньшее, но все-таки, отрицательное воздействие на окружающую среду.

Поэтому перспективным, с точки зрения автора, является направление утилизации отходов, направленное на переработку вторичного сырья. В этом случае переработка сырья происходит

на мусороперерабатывающих заводах и позволяет получать недорогое сырье. Впервые на мусор как источник сырья обратили внимание в США во второй половине XIX века. Рост промышленного производства привел к ухудшению положения, и ТБО стало в разы больше.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В отличие от вышперечисленных в начале статьи способов утилизации мусороперерабатывающие заводы являются экологически чистыми и безвредными предприятиями.

Мусороперерабатывающие заводы работают по принципу рециклинга, представляющего собой переработку полезного мусора и отходов с целью их повторного использования и возврата в производственный процесс (рис. 4).

Вторичная переработка позволяет существенно сократить объем производства необходимого сырья, так как его эффективно заменяет использование переработанных отходов. Данный метод включает в себя цикличное применение мусора, изготовление новых предметов из отработанного сырья, расщепление мусора и выделение полезных компонентов, получение электроэнергии при сжигании отходов (мусоросжигательные заводы).

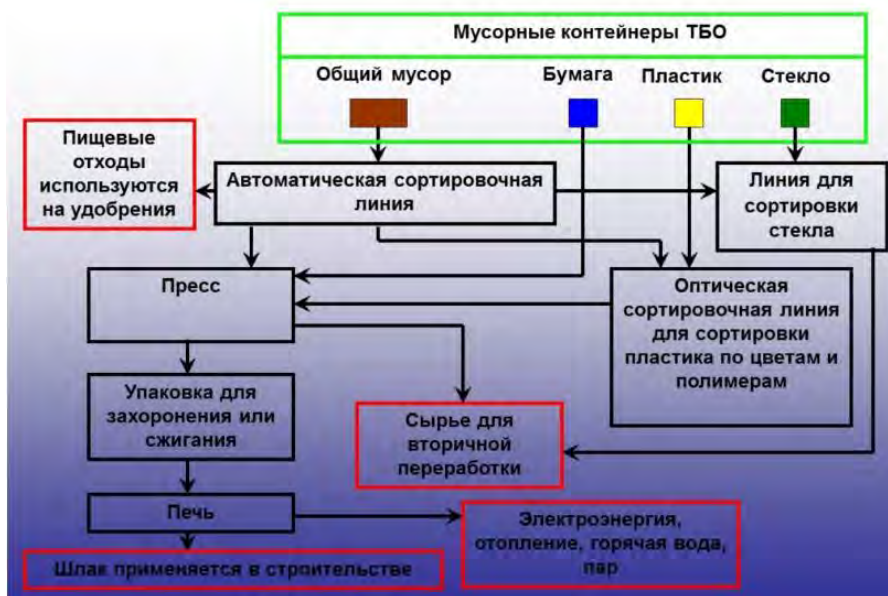


Рис. 4. Схема работы мусороперерабатывающего завода [10]

Сортировке и вторичной переработке для дальнейшего использования подвергаются такие материалы, как стекло, картон, различные металлы, пластик, бутылки ПЭТ, жестяные банки, бумага, пленки, пластиковые упаковки, автомобильные шины, дерево и другие материалы (рис. 5).



**Рис. 5.** Один из возможных составов мусоросортировочного комплекса [10]

Сооружение заводов подобного типа гораздо предпочтительнее не только для экологии, но и для экономики страны. Сегодня заводы по переработке мусора решают следующие задачи:

- уменьшить массу ТБО, сократить рост площади полигонов для хранения;
- обеспечить сортировку и хранение до переработки;
- получить недорогое сырье;
- сохранить экологию.

Деятельность мусороперерабатывающих заводов является высокорентабельной и необходимой ввиду возможности существенного сокращения количества полигонов вследствие переработки большого количества первичного сырья в материалы для будущих новых товаров.

В результате работы подобных предприятий улучшается экологическая ситуация региона, так как вред от таких заводов может быть нанесен только в случае нарушения технологического процесса, что при установке современного оборудования и наличии квалифицированных специалистов может быть практически исключено. Помимо решения экологической проблемы строительство мусороперерабатывающих заводов оказывает существенное положительное влияние также и на многие другие сферы жизни общества. Также стоит отметить, что мусороперерабатывающие комплексы предоставляют новые рабочие места населению наряду с небольшими заводами по переработке мусора, которые ориентированы на один или два вида продукции.

Что касается реализации подобных объектов строительства частными лицами, например, индивидуальными предпринимателями или крупными компаниями, то стоит отметить, что

мусороперерабатывающая промышленность является выгодным вложением материальных ресурсов и средств, так как предприятия подобного рода будут становиться все более востребованными в будущем, к тому же, такие фирмы никогда не будут иметь недостатка в «исходном» материале при его налаженной поставке на заводы. Также к весомым преимуществам развития мусороперерабатывающей промышленности можно отнести быстрый срок окупаемости, высокую рентабельность, поддержку государства и муниципалитета, высокий спрос на сырье, прошедшее первичную обработку. Проблемы, которые могут коснуться предприятий данной сферы, как правило связаны с логистикой и непредвиденными расходами, что может быть характерно и для любых других видов промышленности.

В современном мире многие страны показывают достойные примеры обращения с мусором, в том числе и утилизации отходов, которые могут послужить другим государствам образцом для подражания. За рубежом мусороперерабатывающая отрасль начала функционировать довольно давно. Например, в Японии из строительных отходов сооружают целые искусственные острова, изготавливают отделочные материалы, в стране налажен выпуск одежды и обуви из пластика, а использованные масла перерабатывают в экологически безопасное топливо для транспорта. В Швеции активно используются альтернативные источники получения электроэнергии путем сжигания мусора, в Китае из отходов изготавливают дорожное полотно, в Чехии торговые центры оснащают специальными аппаратами, позволяющими наполнить пустые тары средствами гигиены, а в Бельгии жидкую бытовую химию и вовсе заменили на твердые шампуни и мыло, которые можно отрезать в нужном количестве прямо в магазине, что многократно минимизирует необходимость в использовании пластиковых упаковок и бутылок. Но также большую роль в развитии мусороперерабатывающей промышленности играет и отношение правительства и граждан к утилизации мусора. В странах, являющихся членами Евросоюза, повсеместное распространение получила идея раздельного сбора твердых бытовых отходов у населения. В отдельные контейнеры собираются бумага, пластик, стекло и другие виды отходов, подлежащих вторичной переработке, а за нарушение установленных правил выбрасывания мусора людям грозит существенный штраф. Практически в каждом магазине Европы, который торгует товарами для дома, функционирует пункт приема батареек и сломанной бытовой техники, воспользовавшись услугами которого можно получить внушительную скидку на приобретение нового товара. К сожалению, стран с повышенным уровнем загрязнения природной среды, опасных болезней и смертности населения в современном мире гораздо больше. Наиболее загрязненными местами планеты на сегодняшний день считаются Индия,



Египет, Китай, Ирак и многие другие страны. Движение за сохранение чистоты планеты постоянно развивается. В различных странах мира разрабатываются и воплощаются в жизнь новые программы по утилизации и переработке отходов.

Что касается России, то в стране на сегодняшний день проблема экологичной законной утилизации отходов стоит довольно остро. По данным официальной статистики в России ежегодно образовывается более 4 миллиардов тонн мусора, при этом в стране уже накоплено более 80 миллиардов тонн, из которых более 1,5 миллиардов относятся к классу особо опасных из-за своей высокой токсичности. На сегодняшний день в стране обширные площади выделяются под полигоны для захоронения отходов и свалки. Одновременно с этим в России функционируют сотни несанкционированных свалок, а вредные вещества незаконно сбрасываются в воздух и воду, загрязняя окружающую среду и негативно влияя на животный и растительный мир. Внедрение систем раздельного сбора мусора у населения позволяет лишь незначительно снять остроту вопроса, так как данная процедура практически не регулируется на законодательном уровне. Зачастую даже отсортированный жильцами мусор забирает одна и та же машина, что сводит практические все усилия людей на нет.

Но стоит отметить, что на сегодняшний день в России работают примерно 200 мусороперерабатывающих заводов, 7 из которых – заводы по сжиганию мусора, сортировкой мусора занимается около 50 предприятий. Несмотря на то, что в России мусороперерабатывающие заводы появились сравнительно недавно, продукты, получаемые на данных производствах, уже нашли широкое применение в разнообразных отраслях промышленности. Так, использованный пластик после вторичной переработки служит исходным сырьем для изготовления тротуарной плитки, а химическое волокно, полученное из крышек пластиковых бутылок, становится отличным утеплителем (рис.6).



**Рис. 6.** Сортировочно-распределительный цех мусороперерабатывающего завода.



К сожалению, российская мусороперерабатывающая промышленность в реальности сталкивается с рядом серьезных проблем, препятствующих развитию данной области. Одним из таких факторов является отсутствие качественной и тщательной сортировки мусора жителями страны. Практически весь утиль подвергается совместному уничтожению. Результатом подобных действий является нехватка материала на мусороперерабатывающих заводах, а значит, сохранение исходной экологической проблемы, одним из способов решения которой является вынужденная необходимость строительства мусоросжигательных заводов.

Подобные заводы способны в несколько раз уменьшить объемы отходов и служить достойным альтернативным источником получения электроэнергии, но вещества, выделяемые в результате горения мусора, все равно будут оказывать влияние на атмосферу окружающей среды и здоровье жителей.

Именно поэтому в России очень важно развивать мусороперерабатывающую промышленность, но прежде, чем создать отлаженную систему утилизации, необходимо научиться правильно сортировать отходы.

## **ВЫВОДЫ**

Сейчас в России наблюдаются отдельные пункты по сбору использованных лампочек и батареек в магазинах, банках и других общественных местах. Но подобные мероприятия должны приобретать большие масштабы. Необходимо проводить работы внутри социальной сферы страны, внутри общества, активно приобщать людей к идее отдельной сортировки мусора. Подобные пункты, обеспечивающие сортировку отходов, и отдельные мусорные баки следует поставить буквально на каждом углу отдельно для стекла, бумаги, пластика. Сознательность граждан можно повысить путем акций, агитаций и социальной рекламы. Людям стоит понять, что к видимым результатам приведет исключительно полноценная работа над своим мышлением, осознанное потребление и утилизация отходов. Только после повышения сознательности населения изменения на государственном уровне принесут свои результаты, и общими усилиями человечеству наконец удастся решить проблему утилизации мусора и разрешения конфликта с природой.

Грамотная организация ликвидации бытового мусора позволит не только существенно сократить время, требующееся для утилизации, но и обезопасить окружающую среду, а также значительно снизить количество используемых природных ресурсов, требующихся для производства новых товаров.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Утилизация отходов: правила и этапы [Электронный ресурс]: <https://utilizator.club/utilizaciya/othodov>. (дата обращения: 10.04.2020)
2. Мусороперерабатывающая промышленность [Электронный ресурс]: <https://fabricators.ru/article/musoropererabatyvayushchaya-promyshlennost> (дата обращения: 10.04.2020)
3. Функции и этапы работы мусороперерабатывающего завода [Электронный ресурс]: <https://promusor.info/pererabotka/funkczii-musoropererabatyvayushhego-zavoda/> (дата обращения: 10.04.2020)
4. Проблема утилизации отходов на современном этапе [Электронный ресурс]: <https://musorish.ru/problema-utilizatsii-othodov/>. (дата обращения: 10.04.2020)
5. Переработка мусора в России [Электронный ресурс]: <https://othodovnet.com/pererabotka-i-utilizaciya-musora-v-rossii/>. (дата обращения: 10.04.2020)
6. Государственное управление в сфере обращения с отходами производства и потребления [Электронный ресурс]: <https://www.slideserve.com/oscar-workman/5927386>. (дата обращения: 10.04.2020)
7. Венгерский, А. Д. Технология сжигания твердых бытовых отходов / А. Д. Венгерский, В. В. Бугаёв. — Текст: непосредственный, электронный // Технические науки: традиции и инновации: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Казань, март 2018 г.). — Казань: Молодой ученый, 2018. С. 103-106. [Электронный ресурс]: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/287/13916/> (дата обращения: 11.04.2020)
8. Япония может выделить Бурятии грант на строительство мусоросжигательного завода [Электронный ресурс]: [https://vtinform.com/podrobnosti/87311/?sphrase\\_id=12350800/](https://vtinform.com/podrobnosti/87311/?sphrase_id=12350800/) (дата обращения: 10.04.2020)
9. Переработка твердых бытовых отходов при помощи пиролиза [Электронный ресурс]: <https://vtoorthody.ru/pererabotka/piroliz-tbo.html>. (дата обращения: 10.04.2020)
10. Мусороперерабатывающие комплексы [Электронный ресурс]: <https://phold.ru/stations/> (дата обращения: 10.04.2020)

## **АНАЛИЗ ИЗУЧЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩИХ ОБЪЕКТОВ НА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИЙ АЭС**

**Билык Н.В.**

студент 1 курса магистратуры 16 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: Кашперюк П.И.**

канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В статье рассмотрена проблема изменения геоэкологических условий территорий атомных электростанций из-за различных воздействий техногенного характера. Приведены и описаны экстремальные в строительной практике воздействия на окружающую среду от сооружений электрогенерирующих объектов находящихся в составе АЭС (центробежные насосы в зданиях блочных насосных станций, электрогенерирующие турбины в механических цехах). Такими воздействиями являются высокие нормальные давления, высокочастотная вибрация, нарушение водного баланса и воздействие высоких температур. Отмечены механизмы изменения физико-механических свойств грунтов в зависимости от каждого из этих факторов. Отмечается синергический эффект подобных воздействий, проявляющийся на этапе эксплуатации и приводящий к возникновению неравномерных осадок грунтов основания и, следовательно, кренов ответственных сооружений. Обосновывается необходимость разработки специальных методик инженерно-геологических и геотехнических изысканий грунтов оснований объектов атомной энергетики, подверженных длительному влиянию указанных экстремальных воздействий.

**Ключевые слова:** электрогенерирующие объекты, атомные электростанции, экстремальные воздействия, геоэкологические условия

### **ВВЕДЕНИЕ**

Атомные электростанции являются наиболее ответственными и особо опасными комплексами сооружений, требующими значительной территории для своего функционирования. В их состав входят сооружения электрогенерирующих объектов, оказывающих существенные воздействия на окружающую среду: нарушение водного баланса, высокие нормальные давления, высокочастотные вибрации на подошве фундаментов, а также

высокие температурные воздействия на грунты основания. Данные воздействия зачастую приводят к синергическому эффекту, который проявляется сразу после начала эксплуатации объектов и вызывает неравномерные осадки грунтов основания, приводящие к критическим кренам ответственных зданий. Принимая во внимание данные факты, невозможно отрицать необходимость более подробного изучения влияния объектов атомной энергетики на геоэкологические условия территории АЭС.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Проанализированы работы [2,3], в которых приведены результаты наблюдений за осадками подверженных длительной эксплуатации оснований фундаментов турбоагрегатов различных АЭС (Балаковская, Калининская, Запорожская). Авторами отмечается влияние больших статических нагрузок от зданий реакторных отделений на развитие неравномерных деформаций и кренов оснований соседних сооружений, а также образование так называемой «воронки» в области наиболее нагруженной части территории АЭС. Также вниманию уделяется техногенное температурное воздействие от электрогенерирующих установок, влияние на изменение геоэкологических условий которого отражено в работе А.Н Лопанова и Климовой Е.В [7]. Однако нигде не рассматривается действие полного комплекса всех вышеперечисленных воздействий на грунты основания.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В качестве метода исследования применялся системный анализ результатов многолетних наблюдений за изменением состояния грунтов оснований электрогенерирующих объектов АЭС на этапах строительства и эксплуатации (рис. 1).



**Рис. 1.** Балаковская АЭС.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Несущая способность грунтов оснований основных ответственных объектов АЭС, как правило, довольно высокая, так как большинство ответственных сооружений строится на малосжимаемых грунтах или искусственных щебеночных подушках с высокими прочностными характеристиками. Однако воздействие высоких нагрузок (0,7-1 МПа), обуславливает возникновение высоких неравномерных осадок и соответственно кренов, которые являются недопустимыми в условиях достаточно жесткой фиксации оборудования электрогенерирующих установок. Такие требования к пространственному положению основных конструктивных элементов установки предъявляются прежде всего по причине того, что здания АЭС являются объектами повышенной опасности и ответственности. Любые горизонтальные и вертикальные смещения могут привести к неправильной работе или вовсе выходу из строя вращающихся механизмов, систем аварийной защиты и регулирования мощности. Так по некоторым данным ещё на этапах строительства на целом ряде АЭС (Балаковская АЭС) были зафиксированы превышения допусков наклонов на оборудование реакторных установок в несколько раз.

Помимо неравномерности осадок и кренов самих зданий реакторных отделений, отмечается их взаимовлияние на близкорасположенные энергоблоки, а также смежные блочные насосные станции (БНС), паротурбинные цеха, парогенераторы. Это объясняется увеличенными размерами области деформирования грунта, что является характерной особенностью оснований фундаментов тяжело нагруженных зданий, обладающих значительной мощностью сжимаемой толщи [1]. За счет расширения зоны влияния возникают дополнительные деформации оснований соседних сооружений и наблюдается общая тенденция осадки территории комплекса с уклоном в сторону наиболее нагруженной ее части. Данные полученные по результатам многочисленных наблюдений за осадками подобных зданий, которые приводятся в работах А.Г Зализского [2], а также В.Л. Седина и В.Б Швеца [3], подтверждают образование в грунтах основания единой сплошной области нагружения, которая при совместном действии с высокой нагрузкой способствует значительному увеличению расчетной сжимаемой толщи (до 100 м), что замедляет процессы консолидации грунта и стабилизации осадок.

Также невозможно не учитывать динамическое воздействие, передаваемое на грунт от сверхмощных водяных центробежных насосов в зданиях БНС и электрогенерирующих турбин в механических цехах. Специфика работы таких механизмов заключается в том, что они вызывают высокочастотные вибрации (1000-1500 оборотов в минуту), которые в конечном итоге приводят к частичной или полной потере прочности (разжижению) грунтового

основания. Однако механизмы динамической неустойчивости имеют различный характер в зависимости от структурных связей грунтов [4]. В глинистых грунтах при вибрационных воздействиях наблюдается снижение прочности, так как при динамическом нагружении молекулы воды и ионы диффузного слоя переходят в движение, теряют связь с твёрдыми частицами и попадают в слой свободной воды [5, 6]. Именно поэтому влажность в связных грунтах является основополагающим фактором, управляющим их динамическими свойствами. Вдобавок для глинистых грунтов отмечается резонансное усиление разупрочнения в диапазоне частот 15-22 Гц, в которые как раз попадают вибрации, создаваемые электрогенерирующим оборудованием АЭС [4]. В песчаных же грунтах, в силу отсутствия сцепления упрочнения, структурная прочность определяется взаимным трением и зацеплением неровностей и шероховатостей поверхности частичек между собой. Поэтому при приложении статической нагрузки трение между частицами грунта увеличивается, что затрудняет их взаимное смещение. Следовательно, переуплотненные песчаные основания обладают большей устойчивостью к динамическим воздействиям. Но не стоит забывать про свойство перехода в разжиженное состояние таких грунтов при высокой степени водонасыщения.

Техногенное нарушение водного баланса оказывает существенное влияние на изменение гидрогеологических условий территории АЭС. Интенсивное технологическое водопотребление, протечки различных водных коммуникации, подпоры естественных путей фильтрации, снижение испарения из-за большого коэффициента застройки и асфальтирования – все эти факторы вызывают активное питание подземных вод, быстро повышающих уровень грунтовых вод (1,2-2,0 м/год) [7]. В результате чего зачастую площадки на которых располагается АЭС оценивают, как подтопляемые территории. В таких условиях роль влияния (воздействия) воды на физико-механические характеристики грунтов возрастает. Например, в глинистых грунтах может произойти набухание или снижение прочности, что может значительно осложнить дальнейшую эксплуатацию основных ответственных сооружений атомного комплекса.

Еще один фактор влияния на геоэкологическую среду территорий АЭС – техногенное тепловое воздействие, которое возникает вследствие конструктивных особенностей различных сооружений АЭС и систем охлаждения атомного реактора. В результате этого с изменением водного и теплового баланса верхней зоны пород происходит повышение активности теплопереноса и формируется контур геоэнергетического теплового взаимодействия системы объектов АЭС с геологической средой [8]. Большинство объектов АЭС характеризуется значительным тепловыделением в окружающую среду

преимущественно в виде стока в местную гидрографическую сеть (сброс горячих вод). Повышение температуры инфильтрующихся техногенных вод по сравнению с естественными подземными водами создает предпосылки для развития устойчивых процессов теплопереноса (тепловлагопереноса, теплопаропереноса, термоосмоса), также меняющих состояние и свойства грунтов оснований АЭС, повышая их агрессивность. В связи с этим становится понятным, почему в наблюдательную сеть мониторинга геологической среды территорий АЭС должны обязательно включаться температурные наблюдения и контроль за процессами теплопереноса. Основную долю в энерговыделении АЭС в окружающую среду составляет тепло (до 70%). На современных АЭС вода используется в качестве главного теплоотводящего элемента в системе (сети производственно-технического водоснабжения, бассейны-охладители, градирни). Вокруг АЭС формируется устойчивое техногенное тепловое поле – температурная аномалия, протяженность которой в плане определяется теплофизическими свойствами пород и гидрогеологическими условиями территории. Активному развитию процессов теплопереноса в районах АЭС способствуют следующие факторы: значительная заглубленность тепловыделяющих элементов энергетического комплекса в массивы горных пород; техногенное усиление инфильтрационного питания грунтовых вод, сопровождающееся подъемом их уровней и ростом скоростей фильтрации; повышенным водопотреблением АЭС по сравнению с другими объектами (в среднем около 2 м<sup>3</sup>/с против 1,1 м<sup>3</sup>/с на ТЭЦ при безвозвратных потерях 1 м<sup>3</sup>/с на каждые 1000 мВт) [7].

## **ВЫВОДЫ**

В заключении отметим, что наблюдается целый комплекс негативных факторов, влияющих на геологические условия территории АЭС. Учитывая высокую степень ответственности и безопасности основных сооружений, а также специфический характер каждого из воздействий, требующего особых исследований для его прогнозирования, существует необходимость разработки специальных методик инженерно-геологических и геотехнических изысканий. Должен осуществляться отбор монолитов грунтов оснований, находящихся под многолетними экстремальными воздействиями при эксплуатации энергоблоков АЭС, что возможно осуществить только с применением наклонного бурения. Также из-за невозможности проведения прямых полевых методов испытаний непосредственно для оснований таких сооружений, необходимы специальные лабораторные испытания грунтов основания. Требуются обязательные испытания грунтов на виброползучесть, при различных значениях нагрузки и температуры. Помимо

вышеперечисленного должны быть определены теплофизические характеристики грунтов и их среднегодовые температуры.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шулятьев О.А. Фундаменты высотных зданий // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2014. – № 4. – С. 203–245.
2. Зализский А.Г. Деформации основания реакторного отделения АЭС и их регулирование в процессе строительства и эксплуатации: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02. – ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники им. Б.Е. Веденеева», Санкт-Петербург, 2007 – 155 с.
3. Седин В.Л., Швец В.Б. Исследование повышения динамической надежности ТЭС и АЭС // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. Строительство и архитектура. – 2010. – № 9. – С. 9-13.
4. Динамика грунтов: учебное пособие / Л.А. Строкова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – 190 с.
5. Тер-Мартиросян З.Г. Механика грунтов. - М.: Изд. АВС. – 2005. – 380 с.
6. Осипов В.И. Природа прочностных и деформационных свойств пород. – М.: Изд. МГУ, 1979. – 232 с.
7. Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности: учебное пособие / А.Н. Лопанов, Е.В. Климова. – Белгород: Изд-во Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2009. – 201 с.
8. Королев В.А. Термодинамика грунтов: Учебник / издание 2-е, перераб. и доп. – М.: ООО "Сам полиграфист", 2016, – 258 с.



## **ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ПРИРОДНЫХ ВОД В ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Бородулина А.И.**

Студент 1 курса 12 группы ИИЭСМ НИУ МГСУ

**Научный консультант: Криночкина О.К.**

канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В данной статье рассмотрена экологическая ситуация в столице Золотого кольца России – городе Ярославле и области. Основной акцент сделан на изучении состояния атмосферного воздуха и водных ресурсов. Для исследования данной темы был применен функционал MicrosoftWorld и MicrosoftExcel, а именно функции построения различных гистограмм и диаграмм, графиков. В результате проделанной работы была выявлена динамика изменения показателей загрязнения, разобраны основные причины загрязнения атмосферного воздуха и водных объектов Ярославля и области. Рассмотрение вышеуказанных данных поможет понять экологическую ситуацию в Ярославле и области, динамику изменения в худшую или лучшую стороны концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе и в водных объектах.

**Ключевые слова:** предельно-допустимые концентрации, пробы воды, загрязнение атмосферы и гидросферы.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время проблема экологии сильно обострена. Из-за несанкционированных выбросов погибают редкие виды животных и растений, ухудшается состояние водных объектов, атмосферного воздуха, почвенных ресурсов, которые необходимы для жизни. Во многих городах и странах промышленные зоны расположены между жилыми кварталами, что, безусловно, влияет на жизнь и здоровье населения.

Экология – это наука, изучающая состояние окружающей среды; наука о взаимоотношениях живых организмов между собой и с их средой обитания [1].

Еще с древних времен люди поняли, что природные блага нужно использовать разумно, не разрушая естественный баланс между человеком и планетой. Об этом свидетельствуют наскальные рисунки, говорящие об интересе человека к окружающей среде.

Значение экологии как в древности, так и в современном мире сложно переоценить. От экологической обстановки зависит уровень жизни различных животных и растений, и человека.

Влияние антропогенного фактора на окружающую среду, к сожалению, чаще всего является негативным. Вырубка лесов, поворот рек в другую сторону, добыча и разработка полезных ископаемых, выброс различных токсинов и других отходов – все это приводит к изменению абиотических и биотических факторов территории, на которой проводятся данные воздействия.

В городе Ярославль расположено много промышленных объектов, таких как: Нефтеперерабатывающий завод (НПЗ), Шинный завод (ЯШЗ), Моторный завод (ЯМЗ), Лакокрасочный завод, Технический углерод (Техуглерод), все они являются источниками загрязнения атмосферы и гидросферы.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В данном исследовании рассмотрены и проанализированы данные из Государственных докладов за 2017-2018 гг и литературные данные на тему «Экологические проблемы в Ярославской области». Автором проведена оценка показателей загрязняющих веществ, выраженных в ПДК. Также были сделаны выводы касательно причин загрязнения воздуха и водных объектов.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

В Государственных докладах за 2017 и 2018 года рассмотрена экологическая ситуация в городе Ярославль и Ярославской области. В рассмотрение включены водные объекты области, атмосферный воздух городских и сельских поселений, почвенные ресурсы, эпидемиологическая обстановка. Именно эти показатели наиболее ярко отражают состояние экологической среды в Ярославле и области. Активно экологическими проблемами занимались и занимаются местные краеведы, в том числе Е.Зайцева, которой подробно описаны наиболее важные проблем области, причины их возникновения и методы решения.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха на территории Ярославской области продолжают оставаться плановые и экстренные выбросы предприятий энергетики, химической и нефтехимической промышленности, предприятий машиностроения, в том числе

использующих металлургическую обработку металлов, а также автотранспорт, количество которого увеличивается с каждым годом.

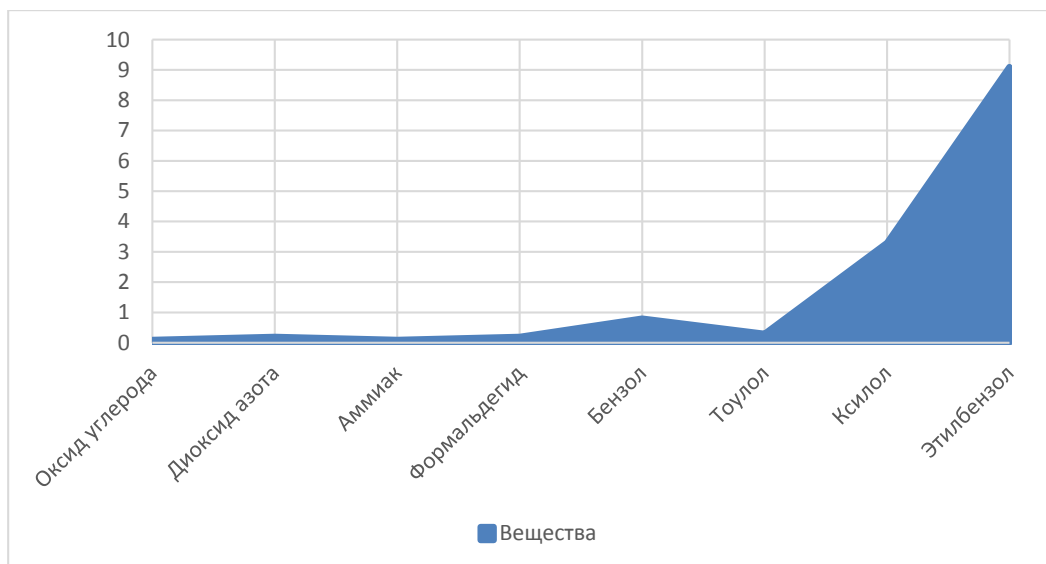
К основным веществам, загрязняющим атмосферный воздух на территории Ярославской области, относятся: оксид углерода, диоксид азота, диоксид серы, формальдегид, гидроксibenзол и его производные (фенол), дигидросульфид, ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол, этилбензол), бензпирен и тяжелые металлы (свинец, марганец, хром, никель, кобальт, кадмий, медь, цинк и железо).

В 2018 году превышения ПДК по содержанию загрязняющих веществ наблюдались в 14 пробах воздуха, отобранных на территории городских поселений, в том числе в 5-ти пробах воздуха, отобранных в зоне влияния выбросов промышленных предприятий, в 3 пробах по содержанию взвешенных веществ, в 2 пробах по содержанию ртути; в 9 пробах, взятых в зонах автомагистралей, по содержанию оксида углерода. [2]

За аналогичный период на территории сельских поселений превышения ПДК по содержанию загрязняющих веществ в атмосферном воздухе наблюдались в 4 пробах из 251 исследованной, что составляет 16% от общего количества и тут состав поллютантов иной: преобладают азот-содержащие соединения (содержание аммиака превышает ПДК (8,1%) взвешенные вещества (4,8%) по [2].

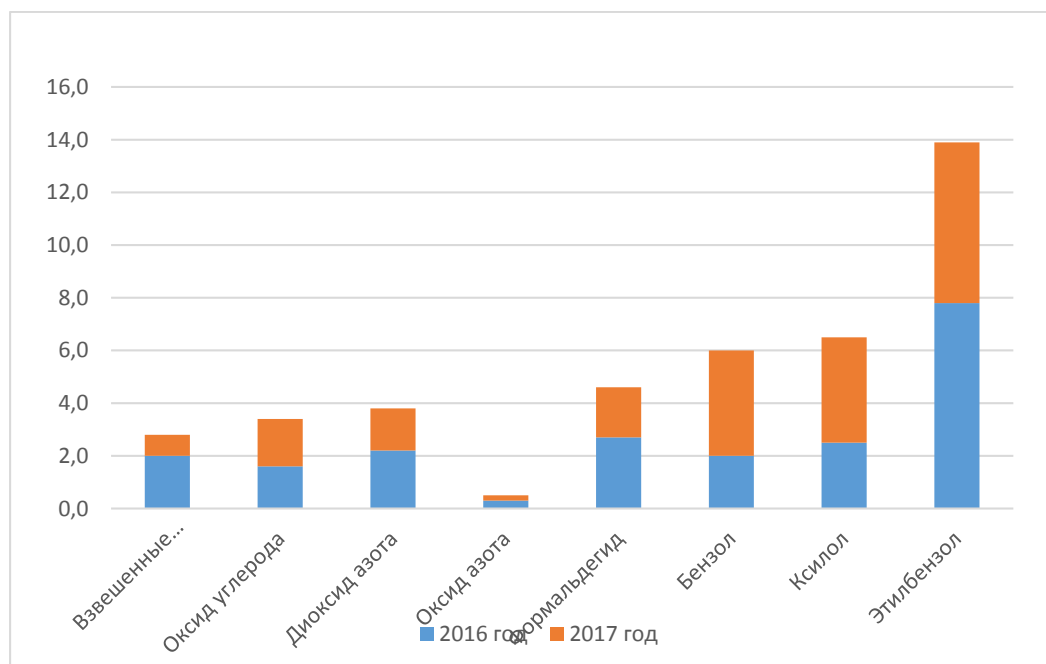
Превышение ПДК по всем вышеуказанным веществам составило от 1,1-2 ПДК. За период наблюдений 2013-2018 гг. результаты исследований показали отсутствие превышений 5 ПДК и более. Таким образом, в Ярославской области (за исключением областного центра) длительный период времени отмечается отсутствие значительного загрязнения атмосферного воздуха [2].

Опираясь на данные, представленные в Государственном докладе, можем построить график, по которому очевидно, что наибольшее превышение ПДК было замечено по ксилолам (3,3% выше ПДК) и этилбензолу (9,1% выше ПДК), однако наименьшее превышение отслеживается по оксиду углерода и аммиаку (0,1% выше ПДК) [3].



**Рис.1.** Значения загрязняющих веществ ПДК [3]

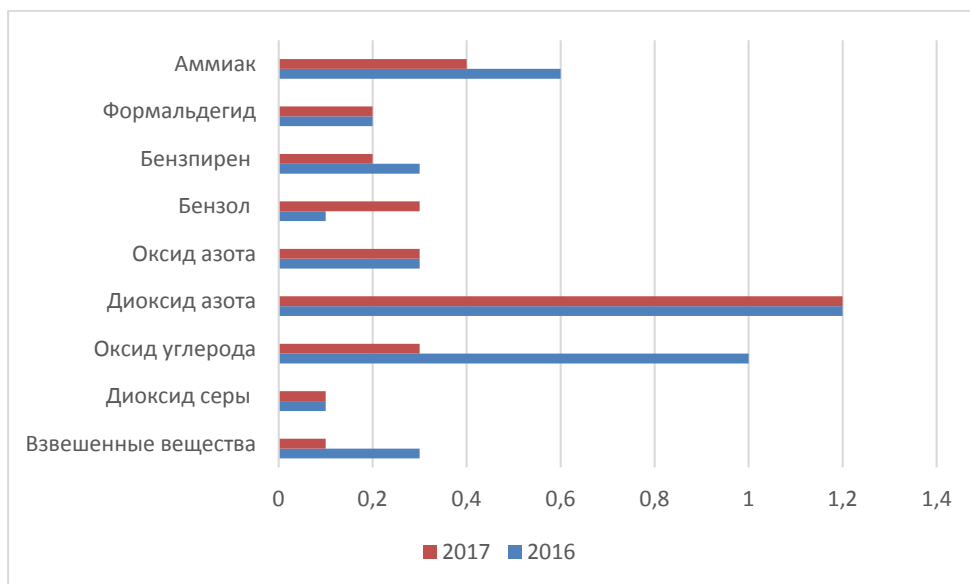
По приведенным данным [3] можем сделать вывод: По сравнению с 2016 годом концентрации таких веществ, как ксилол, бензол, оксид углерода увеличились в следующем году, однако значительно уменьшилась концентрация взвешенных веществ, диоксида азота, этилбензола, формальдегида и оксида азота.



**Рис.2.** Максимальная разовая концентрация веществ за 2016 и 2017 гг. [3]

По данным [3], взятым в разные года мы можем сделать вывод, что концентрация бензола в 2017 году увеличилась, но концентрации таких веществ, как: оксид углерода,

взвешенные вещества, аммиак, бензапирен стала меньше за год. Диоксид азота, оксид азота, диоксид серы и формальдегид – вещества, концентрация которых осталась неизменна.



**Рис.3.** Среднегодовая концентрация вредных веществ за 2016 и 2017гг [3]

### **Причины, по которым происходит понижение уровня жизни населения:**

1. Устаревшее оборудование и технологические процессы, малая эффективность очистных сооружений

2. Расположение загрязняющих предприятий в черте населенных пунктов.

Например, зона экологической опасности НПЗ составляет приблизительно 30 км, но сам завод находится в 8 км от города Ярославль.

По историческим причинам промышленная зона в Ярославле расположена между жилыми районами. Для заводов, которые расположены между районами города, любое направление ветра приводит к тому, что воздух жилых районов загрязняется.

Примером может служить Лакокраска, которая расположена на берегу реки Которосль (тут же идет загрязнение и водного из-за сброса отходов от производства в воду реки)

3. Неверное проектирование и расположение предприятий с учетом их экологической опасности.

Для примера возьмем снова НПЗ. Завод спроектирован без ориентирования на розу ветров. Поэтому все отходы, выбрасываемые в воздух, ветром уносятся в город.

4. Несоблюдение регламентных процессов по охране окружающей среды (Человеческий фактор)

Таблица 3.2.1/3

Метеостанция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	штиль
г. Ярославль	10	10	10	10	13	20	15	10	2

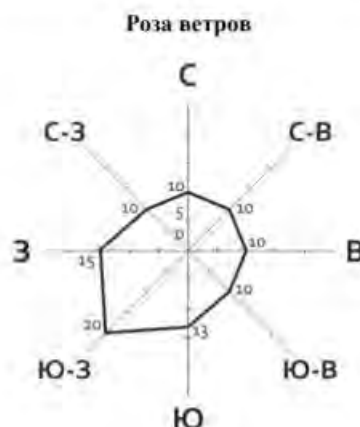


Рис.4. Роза ветров города Ярославля [4]

### Загрязнение поверхностных вод

Приоритетными веществами, загрязняющих питьевую воду систем централизованного хозяйственно – питьевого водоснабжения являются:

а) Железо, марганец, бор, аммиак. Обычно они поступают с водой из источников водоснабжения, также железо может попадать в воду во время транспортировки.

б) Алюминий, железо, хлороформ, хлор. Данные вещества попадают в воду в процессе водоподготовки.

Гидрохимические наблюдения проводятся на 22 постах в 27 створах на 15 водных объектах Ярославской области: р. Волга (в черте городов Рыбинска, Тутаева, Ярославля), р. Которосль (в черте г. Ярославля, выше и ниже г. Гаврилов-Яма), реках Корожечна (д. Сумы), Юхоть (Большое Село), Сить (д. Правдино), Ить (д. Нестерово), Соть (д. Верхний Жар), Кострома (д. Исады), Черемуха (г. Рыбинск), Ухра (д. Клочково), Трубеж (г. Переславль), а также озерах Неро и Плещеево и водохранилищах (Угличское, Рыбинское, Горьковское) [3].

Из года в год основные загрязняющие вещества воды остаются без изменения - медь, железо общее, цинк, фенолы, аммонийный азот, нефтепродукты.

В город Ярославль вода из рек Волга и Которосль приходит «очень загрязненная». Это мы можем определить по пробам воды, которые берутся в 10 км выше города (р. Волга), и в устье реки (р. Которосль). По 7 из 13 показателей качества отмечены превышения ПДК загрязняющих веществ.

Высокую долю при оценке загрязненности воды в Которосли составили концентрации железа, фенолов и органических веществ по ХПК. Загрязненность этими веществами

классифицировалась как характерная низкого уровня. Загрязненность по меди, цинку, азотом нитритным и аммонийным, фенолам характеризовалась как устойчивая низкого уровня. Концентрация растворенного в воде кислорода колебалась от 7,96 до 13,2 мг/дм<sup>3</sup>. Случаев высокого загрязнения водоемов в городе Ярославль не обнаружено [4].

В 2017 году состояние воды ухудшилось по санитарно-химическим показателям по сравнению с прошедшим годом, поскольку в пробах воды обнаружили возбудителей паразитарных заболеваний. Согласно данным прошедшего года, доля таких проб снизилась для водоемов как I, так и II категории.

Содержание компонентов природного происхождения в составе подземных вод в их естественном состоянии находится в целом в пределах ПДК. Участков истощения запасов подземных вод на территории области не выявлено. С годами постепенно уменьшается нагрузка на подземные воды. Качество воды зависит от естественного их состояния в данном районе по водоносным горизонтам. Также обнаружено отсутствие радиационного загрязнения подземных вод.

Однако техногенное загрязнение подземных вод в 2017 г. было отмечено на двух эксплуатируемых водозаборах: по скважине на территории ДОО им. Гагарина в Рыбинском муниципальном районе по содержанию нитратов (в дальнейшем снизилось менее ПДК); по скважине ГП ЯО «Водоканал» Некашубского муниципального района в пос. Волга на ул. Ленина (загрязнение под воздействием бывших отстойников шерстопрядильной фабрики сохранялось до конца года) [4].

По данным анализа состава воды подземных источников на территории Ярославской области можно определить, что подземная вода более обогащена минеральными солями, необходимыми для организма человека, нежели поверхностная, и более здоровая по бактериологическим показателям, поэтому более предпочтительна для употребления.

В связи с постоянным увеличением загрязнения источников воды (возрастание антропогенной нагрузки), наблюдается стабильный рост данного показателя на водопроводах из поверхностных водоисточников.

Качество воды в водопроводной распределительной сети в 2017 г. улучшилось не только по санитарно-химическим, но и по микробиологическим показателям.

Но еще одна проблема Ярославля – это гудронные пруды-накопители емкостью около 500 тысяч тонн. Они появились еще при производстве нефтепродуктов в советский период. Это наследство того времени, когда не знали, как можно утилизировать гудрон [5].

## ВЫВОДЫ

1. Установлены причины низкого качества питьевой воды: это – неконтролируемый сброс отходов предприятий в Волгу и сброс частных канализаций в ту же Волгу, а также изношенность водопроводных сетей Ярославской области;

2. По итогам проведенной работы, можно сказать, что концентрация многих вредных веществ в атмосферном воздухе с годами уменьшается, на заводах начинают ставить эффективные очистные сооружения, бороться с экстренными выбросами. Это способствует уменьшению количества выбросов неочищенных сточных вод в поверхностные водоемы, концентрации ядовитых веществ и тяжелых металлов в воздухе.

3. В работе были рассмотрены причины загрязнения поверхностных вод и атмосферного воздуха. Если предпринять меры к существующим нарушениям, установленным в упомянутых пунктах мониторинга, то загрязненность станет меньше, соответственно вред для здоровья человека и окружающей природной среды уменьшится.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маньковская И. Какова роль экологии в жизни современного человека <https://www.oum.ru/literature/raznoe/kakova-rol-ekologii-v-zhizni-sovremennogo-cheloveka/>
2. Государственный доклад о состоянии окружающей среды за 2018 год // стр. 6-8, <http://76.rospotrebnadzor.ru/>
3. Государственный доклад о состоянии окружающей среды за 2017 год // стр. 36-37, 51-56 <https://www.yarregion.ru/default.aspx>
4. Схема розы ветров города Ярославль <https://yarportal.ru/topic372345s15.html>
5. Зайцева Е. Пять экологических проблем Ярославской области <https://www.yar.kp.ru/daily/26238/3120978/>



## ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФАСАДНЫХ РАБОТ

**Бравов Н.С.<sup>1</sup>, Греков Д.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>студенты 3 курса 6 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный консультант: Яковлева И.Ю.**

Старший преподаватель кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Геодезия сопровождает все строительство. Начиная с этапа проектирования и заканчивая сдачей объекта заказчику. Фасадные работы в данном перечне - не исключение. При проведении ряда работ, связанных с устройством фасадов необходим геодезический контроль. В данной работе рассмотрен необходимый комплекс геодезических работ при устройстве вентилируемого фасада. Проанализированы научные работы, разработанные в сопутствующей тематике, как отечественных, так и зарубежных авторов. Выделен и составлен четкий перечень геодезических работ при его устройстве на примере строящегося объекта на территории г. Москва. Получен развернутый результат в виде сформированного алгоритма проведения работ при устройстве вентилируемого фасада. Обоснована необходимость применения широкого спектра геодезических работ при устройстве вентилируемого фасада.

**Предмет исследования.** Комплекс геодезических работ при устройстве вентилируемого фасада

**Цель исследования.** Определить перечень геодезических работ, необходимых при устройстве вентилируемого фасада.

**Ключевые слова:** вентилируемые фасады, геодезические работы, строительство.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Геодезические работы сопровождают все этапы строительства зданий. Комплект обязательных геодезических работ приведен в СП 126.13330. «Геодезические работы в строительстве» и сводится к следующим работам:

- созданию планово-высотной геодезической опорной сети;
- вынос на местность основных осей здания или сооружения;
- детальные разбивочные работы;
- наблюдения за деформациями;

- контроль геометрических параметров конструкций и др.

При этом большая часть работ касается непосредственно несущих и ответственных конструкций стен, колонн, перекрытий. В настоящее время распространена конструкция зданий, представляющая собой каркасную систему из монолитного железобетона. При этом несущие внутренние стены, колонны, пилоны и плиты перекрытия надземной части здания устраиваются из монолитного железобетона. Наружные стены могут устраиваться как из монолитного железобетона, так и из газобетонных блоков. Наружные стены, построенного по этой схеме здания в условиях г. Москвы, требуют устройства дополнительного утепления. Поэтому проектом как правило проектом предусматривается устройство дополнительного облицовочного фасада, выполняющего тепло-, звуко-, виброизоляционные функции. В настоящее время существует несколько видов таких фасадов, например, «мокрый фасад», «облицовочный фасад», «отделка сайдингом» и «вентилируемый фасад». Устройство каждого вида фасада может потребовать выполнения комплекса геодезических работ. В настоящее время в нормативных документах единственным видом таких работ предусмотрена исполнительная съёмка фасада. В данной работе авторы предлагают рассмотреть всегда ли, при устройстве фасадов, исполнительная съёмка фасада является единственным видом геодезических работ.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

В своих работах авторы [1] пишут о том, что одной из инженерно-геодезических задач, решаемых в процессе строительства является съёмка фасада, при этом авторы отмечают, что съёмку необходимо выполнять перед устройством фасадов вновь построенных или реконструируемых зданий для уточнения объемов работ и анализа отклонений наружных вертикальных конструкций. Для выполнения данного вида работ авторы [1] рекомендуют использовать электронные тахеометры и схему производства работ, основанную на создании плано-высотного обоснования вокруг здания и последующую съёмку самих фасадов в координатах, с обработкой результатов в САПР Autocad. Авторы в работе [2] поддерживают использование электронных тахеометров для съёмки фасадов, но помимо схемы производства работ с точек плано-высотного обоснования, предлагают использовать метод «свободной станции», заключающийся в установке тахеометра в произвольной точке и ориентировании его по способу обратной засечки, при этом в качестве исходных пунктов берут углы здания. В своих работах [3,4,5] группа авторов склоняется к использованию лазерного сканирования и фотограмметрических работ при съёмках сложных фасадов, где применение тахеометров затруднительно. В работе [6] авторы пишут о совместном использовании различных методов

съемки фасадов средневекового замка Верх-Андлау (Эльзас, Франция), таких как тахеометрия, фотограмметрия и наземное лазерное сканирование. На ряду с вышеописанными методами возможно применение беспилотных воздушных судов для съемки фасадов зданий [7]. В рассматриваемых работах автору указывают, съемка фасадов выполняется чаще для составления чертежей фасада реконструированных зданий, определение объема фасадных работ уже вновь построенных старых зданий и с целью определения вертикальности ограждающих конструкций. При этом никакие другие геодезические работы в работах [1-7] при устройстве фасадов не рассматриваются.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

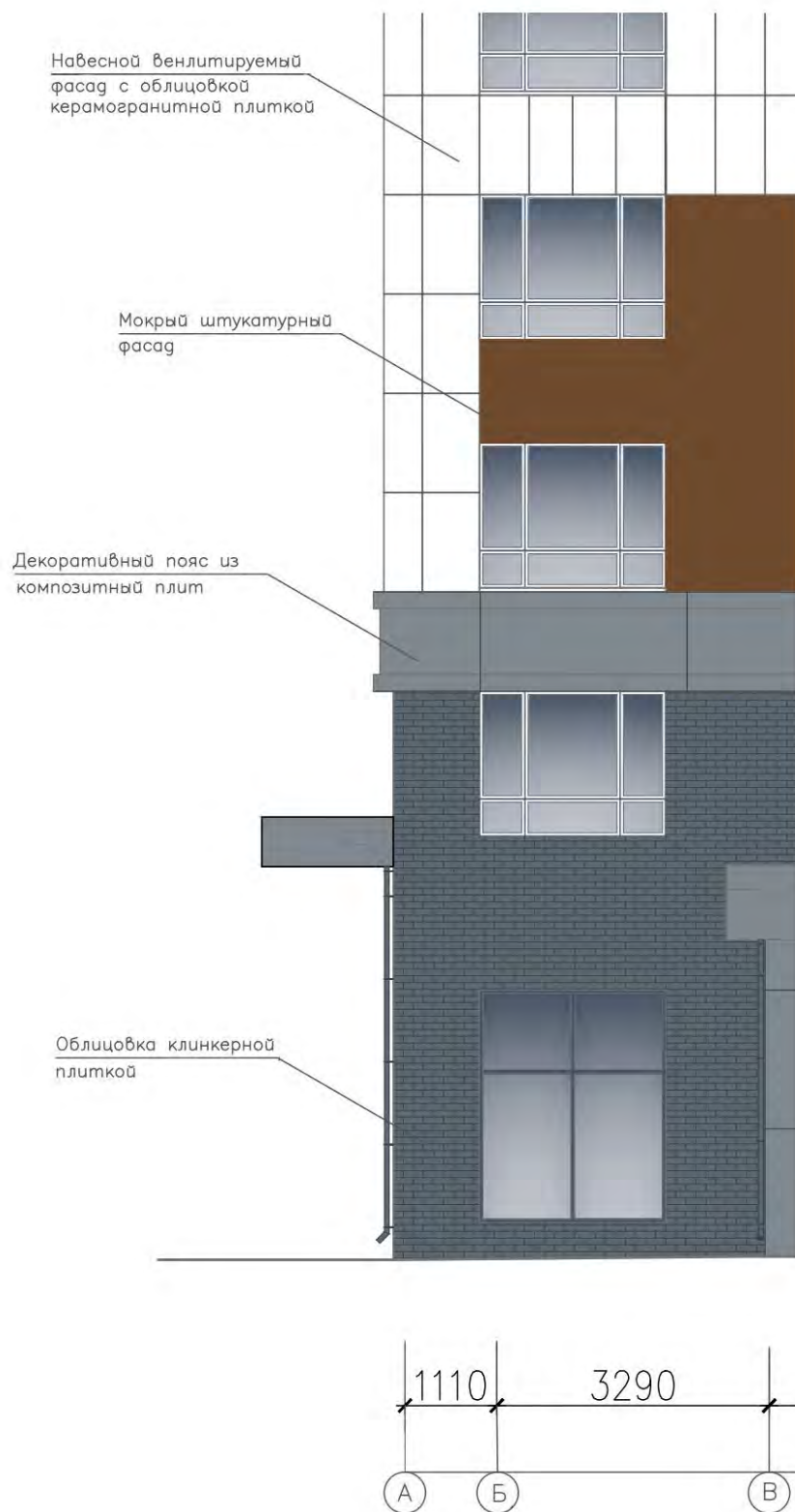
Рассмотрим геодезическое обеспечение фасадных работ на примере строящегося объекта в городе Москва, который представляет собой гражданское здание переменной этажности с монолитным каркасом и фасадом, выложенным из газобетонных блоков. В решениях наружной отделки здания для облицовки фасада предусмотрены следующие виды фасадов и материалов (рис.1, 2):

- мокрый штукатурный фасад с утеплителем ParocLinio 15 толщиной 130мм на системе MUREXIN;

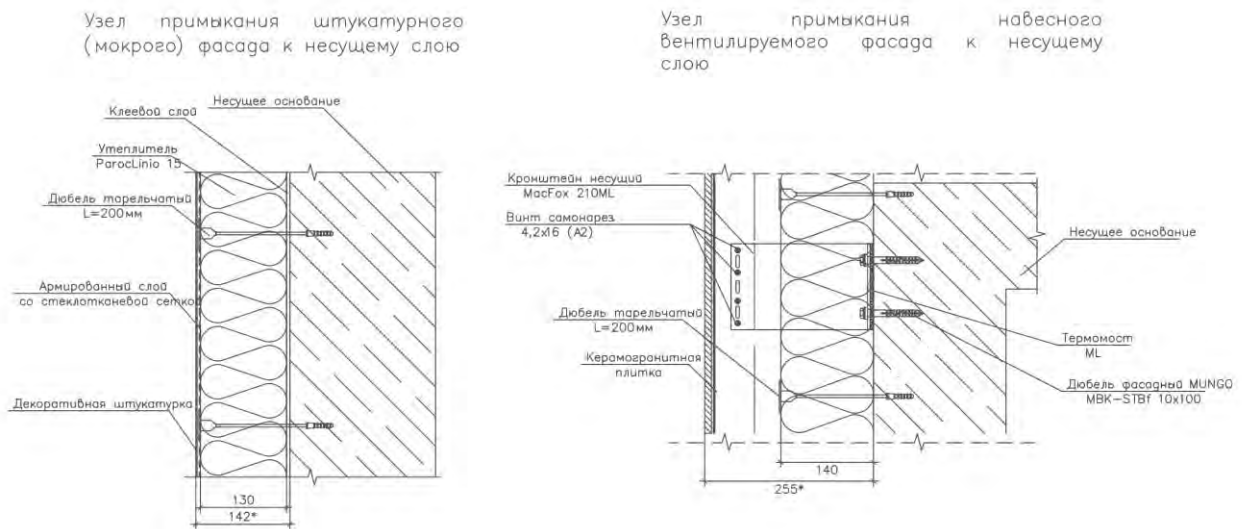
- наружная облицовка стен клинкерной плиткой на клею: клинкерная плитка STROENER Keravette chromatic/Flame, цвет 336 metallic schwarz, 2110, 240x71x11 мм на клею с утеплителем ParocLinio 18 толщиной 130мм, система Мурексин.

- навесной вентилируемый фасад с облицовкой плиткой Estima 1200x600 мм, 600x600мм (горизонтально ориентированной, вразбежку) с РоквулВентибаттсД толщиной 140мм комбинированной плотности без использования ветрозащитной мембраны на подсистеме NORD FOX.

- декоративные элементы (декоративный пояс, порталы и козырьки входных групп) - НВФ с облицовкой композитными панелями BDX(F)4-04 покрытие HDPE цвета по RAL на подсистеме NORD FOX



**Рис.1.** Участок фасада в осях А-В



**Рис.2.** Узлы примыкания фасадов к несущему слою

Согласно «Общим проектным решениям по устройству облицовки фасада», разработанным в 2017 г. в г.Москва ООО «Инком-фасад», необходимо выполнить следующие работы:

Подготовительные работы. Ограждающие конструкции здания подвергаются обследованию для определения их несущей способности. Определяются предельные отклонения поверхности стены от вертикальной плоскости; на стены наносятся специальные метки с указанием размера отклонения, которое должно быть компенсировано при монтаже металлического каркаса системы.

Монтаж системы начинают с разметки фасада и установки маяков, по которым будут устанавливаться и крепиться к строительному основанию кронштейны. Разметка фасада выполняется согласно проекту на навесной вентилируемый фасад по данному объекту (по монтажной схеме установки кронштейнов и направляющих) с помощью геодезического прибора, уровнем и отвесом. Установка и крепление кронштейнов и вертикальных профилей в пределах захватки производится в зависимости от принятых технологических решений.

После разметки в поверхности стены сверлят отверстия для крепления кронштейнов фасадными дюбелями, типы и марки которых выбираются в зависимости от материала стены и ее несущей способности.

В процессе монтажа элементов системы должен выполняться пооперационный контроль качества работ, а именно контроль правильности монтажа несущего каркаса в соответствии с проектом, контроль качества монтажа теплоизоляции; контроль плоскостности несущих профилей в горизонтальном и вертикальном направлениях; контроль правильности выполнения монтажа и крепления элементов фасада, главным образом, их размеров и плоскостности; соблюдение допусков и составляться акты на скрытые работы. Приемочный контроль качества монтажных работ приведен в таблице 1.

**Табл. 1.** Допустимые отклонения от нормативных величин

№	Наименование показателя	Значение показателя, мм
1	<b>Отклонения от проектного положения направляющей</b>	
1.1	В плоскости стены отклонения от вертикальности (горизонтальности)	5 (на 1 м длины)
1.2	Перпендикулярно плоскости стены. Отклонение от вертикальности (горизонтальности)	3 (на 1 м длины)
1.3	Отклонение от проектного расстояния между соседними направляющими	30
1.4	Отклонение от соосности смежных по высоте направляющими	5
1.5	Отклонение от проектного зазора между соседними направляющими	+5;0
1.6	Уступ между смежными по высоте направляющими	2
2	<b>Отклонение от проектного положения фасада и его элементов</b>	
2.1	Отклонение от вертикальности	3 (на 1 м длины)
2.2	Отклонение от плоскостности	2 (на 1 м длины)
2.3	Уступ между смежными плитами	6 (на 1 этаж длины)
3	<b>Отклонения от проектного размера и положения зазора между плитами</b>	
3.1	Отклонение от проектного размера зазора	±
3.2	Отклонение от проектного положения зазора (отклонения от вертикальности, горизонтальности, от заданного угла)	3 (на 1 м длины)

4	Отклонение от проектного положения крепежных элементов	10
---	--	----

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Исходя из вышесказанного можно определить следующие виды геодезических работ, необходимые при устройстве вентилируемого фасада:

1. Выполнение исполнительной съемки с целью определения предельных отклонений поверхности стены от вертикальной плоскости;
2. Выносна стены меток с указанием размера отклонения поверхности стены от вертикальной плоскости для его компенсации при монтаже металлического каркаса системы.
3. Выносна стенок проектного расположения направляющих.
4. Проведения исполнительных съемок в процессе монтажа для определения отклонений от проектного положения направляющих
5. Проведения исполнительных съемок готового фасада.

## ВЫВОДЫ

Геодезические работы сопровождают весь процесс строительства здания, в том числе и работы по устройству вентилируемого фасада. Многие авторы считают выполнение исполнительных съемок, проводимых перед устройством фасада единственным видом геодезических работ.

После анализа проектной и нормативной документа возникает необходимость в проведение других видов геодезических работ, связанных с выносом на стены меток с указанием размера отклонения поверхности стены от вертикальной плоскости и меток проектного расположения направляющих, а также проведение исполнительных съемок в процессе монтажа для определения отклонений от проектного положения направляющих и исполнительных съемок готового фасада. Следует отметить также, что именно эти исполнительные съемки являются одним из обязательного приложения к актам скрытых работ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глебо М.Г., Гурко А.О. Инженерно-геодезические работы при решении прикладных задач в строительстве // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F: Строительство. Прикладные науки. 2017. № 8. С.85-188.
2. Валтонен Д.А. Съемка фасадов зданий с помощью электронных тахеометров// Геопрофи. 2010. №1. С. 25-29.

3. Захожий, К.А. Применение лазерного сканирования при проектировании и строительстве архитектурных фасадов сооружений / К.А. Захожий // Инновационная наука. – 2018. - №12. – С. 204-206
4. Норин В.А. Анализ российского рынка 3D-сканеров и нормативной базы технологии лазерного сканирования. Проблемы выбора лазерного 3D-сканера / В.А. Норин, А.Х. Гулбаев // Научные исследования: теория, методика и практика : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 21 мая 2017 г.). В 2 т. Т. 1 / редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. – С. 320-323.
5. Simón Peña-Villasenín, Mariluz Gil-Docampo, Juan Ortiz-Sanz Desktop vs cloud computing software for 3D measurement of building façades: The monastery of San Martín Pinario // Measurement. 2020. V. 149. p. 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.106984>
6. P. Grussenmeyer, T. Landes, T. Voegtle, K. Ringle, Comparison methods of terrestrial laser scanning, photogrammetry and tachometry data for recording of cultural heritage buildings, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf.Sci. XXXVI (2008) 213–218.
7. Скрыпицына Т. Н., Староверов С. В. Съёмка фасадов зданий с использованием беспилотных воздушных судов // Инженерные изыскания. 2018. Т. 12. № 7-8. с. 46-52. DOI: 10.25296/1997-8650-2018-12-7-8-46-52



## ТЕХНОЛОГИЯ «WASTE-TO-ENERGY»

**Бузмакова Е.Н.**

студентка 3 курса 7 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный консультант: А.Л. Суздалева**

д-р биол. наук, профессор кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Мусор наносит большой ущерб природе. И люди стараются найти решение этой проблеме. Термическая переработка мусора с преобразованием его в энергию для бытовых нужд представляется интересным и перспективным вариантом. В статье рассмотрены основные способы термической переработки мусора и указаны положительные и отрицательные стороны методов. Приведен пример Швеции, которая преобразует твердые бытовые отходы в энергию для отопления зданий при помощи технологии «waste-to-energy». Также проанализировано влияние мусоросжигательных заводов на окружающую среду.

**Ключевые слова:** термическая переработка мусора; мусоросжигательные заводы; waste-to-energy; мусор-в-энергию; альтернативный источник энергии.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Ни для кого не секрет, что перед нами стоит довольно острая проблема утилизации отходов. Из-за бесконтрольного накопления мусора происходят серьезные изменения в глобальной экосистеме. Количество свалок ежегодно увеличивается: постоянно появляются новые, старые продолжали расти, переполняются, и по высоте превышают многоэтажные дома. Во многих случаях рекультивация полигонов не производится, площадь территорий с накопленным экологическим вредом становится все больше и больше.

Мусор на Земле является глобальной экологической проблемой, которая в недалеком будущем может стать необратимой, так как отходы заключают в себе серьезную угрозу для всего живого на планете.

И один из путей решения этой проблемы -технология термической переработки мусора – «waste-to-energy», т.е. мусор-в-энергию.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

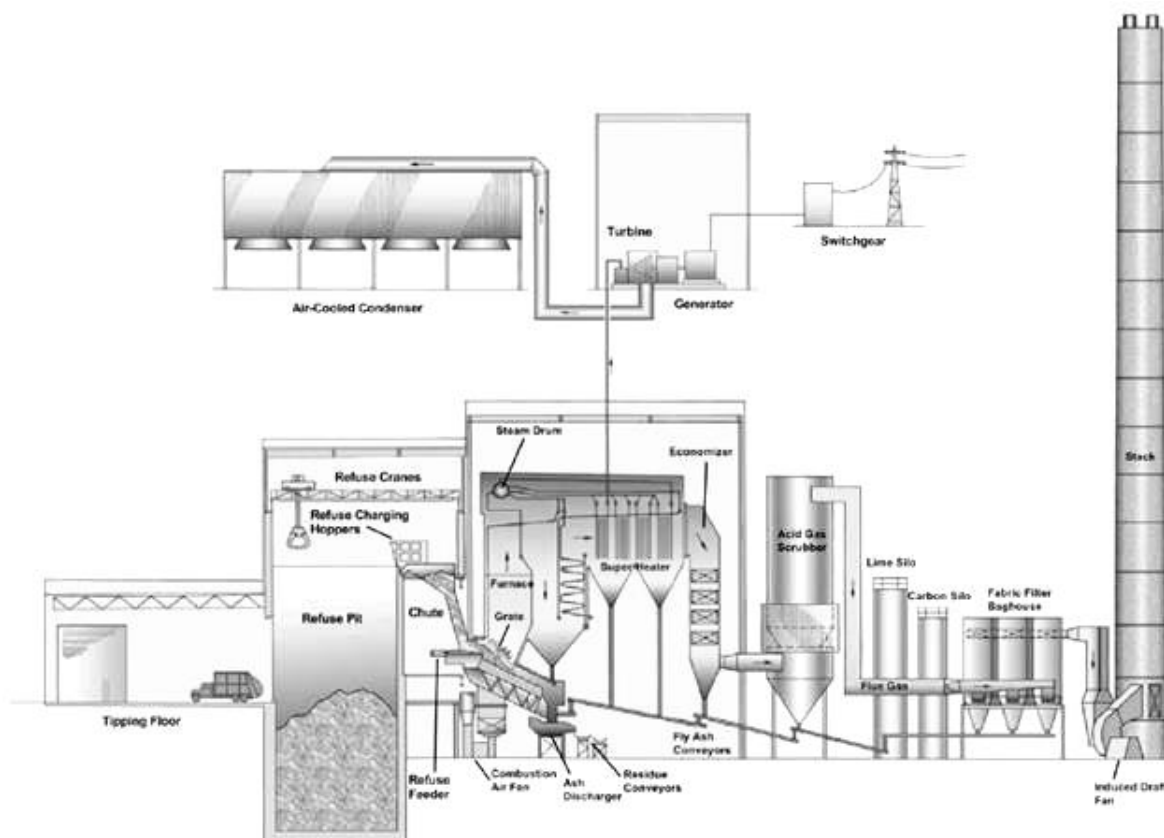
В настоящее время в России совершенствуется законодательно-нормативная база по вопросам утилизации отходов. Так, в статье 80.1. Федерального закона № 7 «Об охране окружающей среды» указывается, «что выявление, оценка и учет объектов накопленного вреда окружающей среде осуществляется посредством инвентаризации и обследования территорий и акваторий, на которых в прошлом осуществлялась экономическая и иная деятельность и (или) на которых расположены бесхозные объекты капитального строительства и объекты размещения отходов» [1]. Ведется выявление объектов накопленного вреда и их учет, а также внесение в реестр. В декабре 2016 г. был разработан и утвержден проект «Чистая страна». Срок реализации этого проекта 2017-2025 гг. Цель проекта - снижение экологического ущерба, который связан с захоронением отходов. Проект «Чистая страна» предусматривает строительство современных экологически безопасных объектов термической переработки твёрдых коммунальных отходов (мусоросжигательных заводов) и восстановление 1,5 тыс. га территорий накопленного экологического вреда. Одновременно с переработкой отходов планируется получать 2,68 млрд кВт·ч электроэнергии в год. А также реализация проекта «Чистая страна» позволит сократить ежегодный выброс парниковых газов на 840 тыс. т [2].

Существует много надёжных решений для термической утилизации отходов [3, 4]. На данный момент по всему миру насчитывается более 2500 заводов «wast-to-energy», около 450 из них находятся в Европе [5, 6,7,8,9].

Ниже рассмотрены основные технологии, которые используются для получения энергии из отходов.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**Термическая переработка на решётке** (рис.1). Наиболее распространенная и известная в мире технология. Способ надежный, т.к. имеется большой опыт в строительстве и эксплуатации подобных заводов. В процессе сжигания отходов идет выделение вредных веществ, поэтому заводу необходимы высокоэффективные газоочистные устройства. Мусор, доставляемый на завод, не нуждается в предварительной подготовке. Его подают в печь, затем идет распределение по колосниковой решетке (основной элемент печи), на которой мусор сжигается. 25 % массы сжигаемых отходов приходится на шлак. Энергия и пар, которые получаются при сжигании отходов, можно использовать в централизованном теплоснабжении.



**Рис. 1.** Общая концептуальная схема современной системы термической переработки отходов на решётке [3]

**Технология кипящего слоя** (рис.2). Суть технологии в создании системы «твёрдое — газ». Слой отходов под действием давления восходящего потока газа превращается в кипящую жидкость, твёрдые частицы находятся во взвешенном состоянии. Таким способом перерабатывают осадок сточных вод, твёрдые бытовые отходы. Уровень переработки высокоэффективный, на выходе уровень шлаков низкий. В конце процесса происходит очистка дымовых газов и использование энергии.

**Вращающаяся печь** (рис.3). Такие печи хорошо справляются с сжиганием крупнодисперсных отходов переменного состава и различной консистенции. На станциях одновременно происходит обезвреживание отходов и использование получаемой теплоты для теплофикации, производства пара и электроэнергии.

Технология применяется для переработки опасных медицинских, биологических и промышленных отходов. Благодаря высоким температурам разрушаются вирусы и микробы, из-за низкого уровня кислорода на входе получается низкий уровень выбросов.

**Газификация** (рис.4). В результате этого процесса органические отходы под воздействием высоких температур и окислителя (кислород) превращаются в газ и твёрдый

минеральный продукт. В дальнейшем газ может служить как энергетическое и технологическое топливо. Технология хорошо известна, но не так широко применяется, как переработка на решётке из-за ряда проблем: окисление углеводородов, производство высокого уровня диоксида углерода, выброс загрязнений.

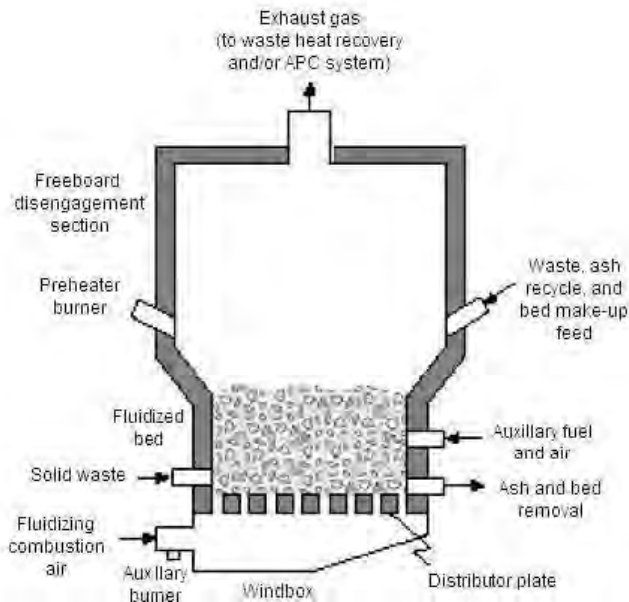


Рис.2. Общая концептуальная схема системы кипящего слоя [3]

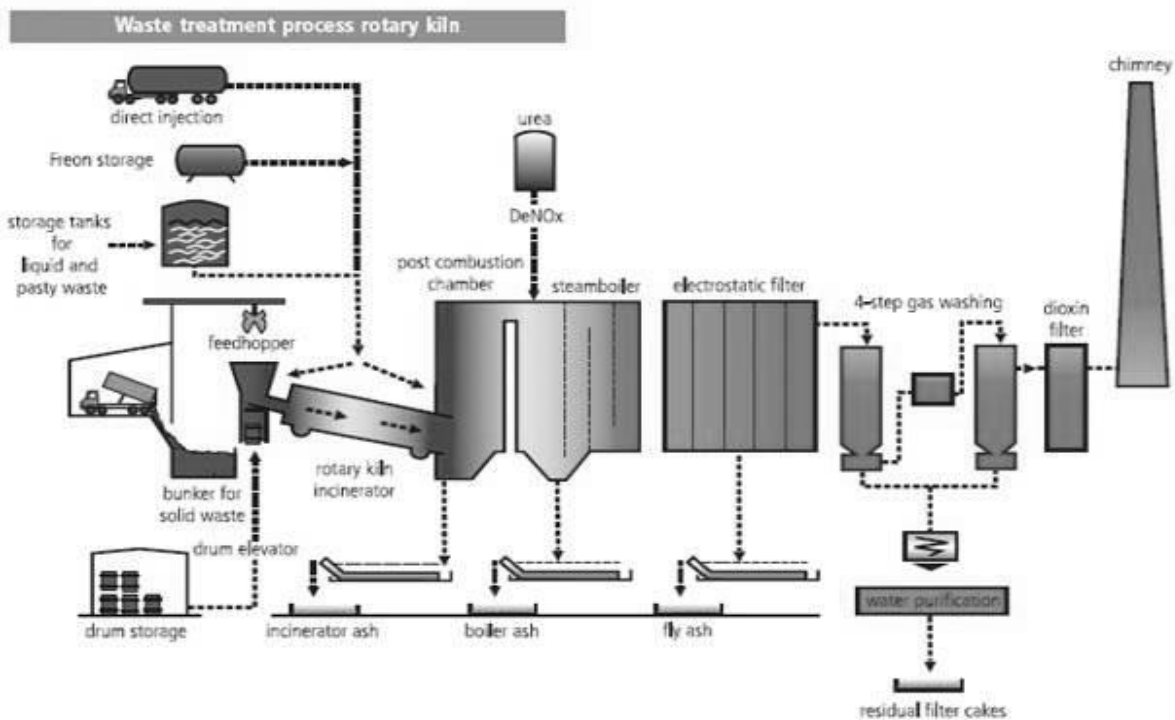
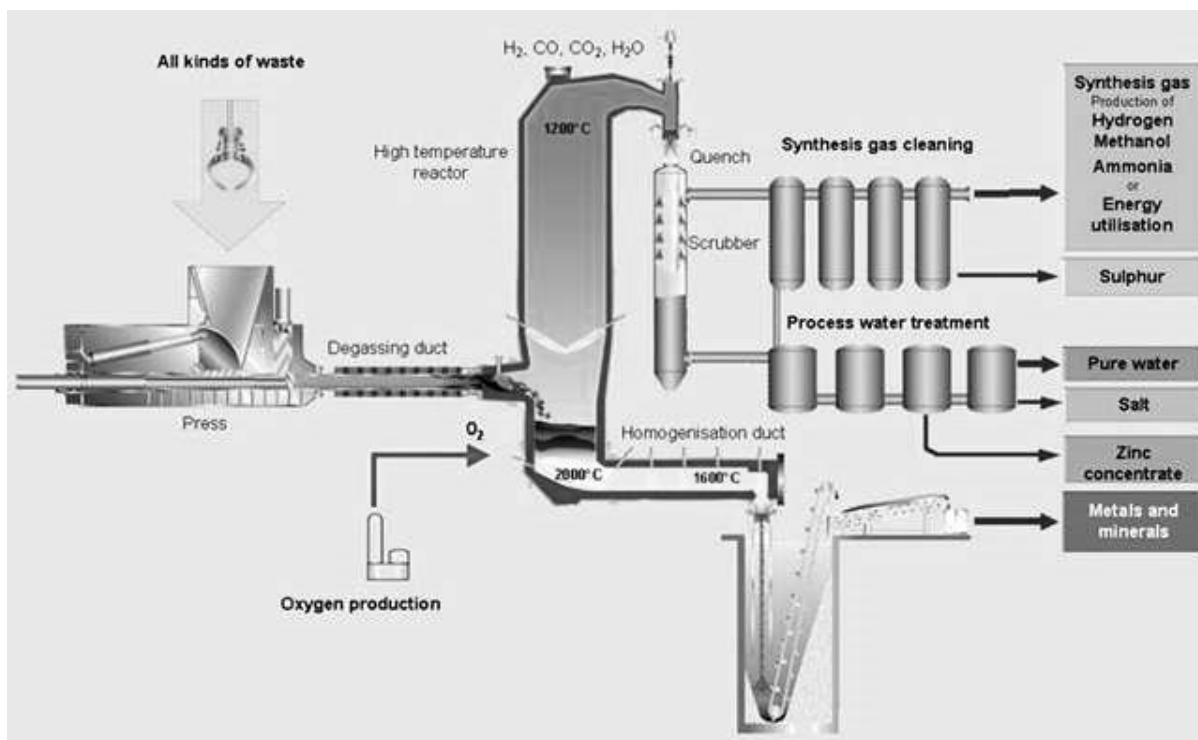


Рис.3. Общая концептуальная схема системы с вращающейся печью [3]



**Рис.4.** Общая концептуальная схема системы высокотемпературной газификации [3]

**Газификация в плазменной дуге**(рис.5). Суть технологии в том, что при помощи тепла плазменной дуги происходит разложение отходов на химические элементы. Данная технология позволяет очень эффективно перерабатывать разные отходы, в том числе опасные, промышленные и медицинские. Органические вещества разрушаются практически полностью и воздействие на окружающую среду минимально. Из мусора в конце процесса получается энергия и промышленные материалы.

К сожалению, технология является дорогостоящей. На переработку расходуется много энергии, а на выходе ее уровень низок. Под воздействием высоких температур (9600°C) хорошо перерабатываются опасные отходы, но такие условия трудно поддерживать.

**Пиролиз** (рис.6). Метод представляет собой разрушение отходов при нагревании до 400-600°C, при этом отсутствует кислород и контакт с открытым огнем. В результате получают жидкие и газообразные продукты и зольные остатки. С помощью пиролиза можно перерабатывать смешанные виды отходов, даже если в них содержится вода, нефтепродукты, песок и т.д.

Плюсы технологии: минимальное окисление отходов, нет вредных выбросов, наблюдается высокий уровень производства синтетического газа, чистый газ можно напрямую использовать в генераторах. Можно сказать, что технология самая экологически чистая по сравнению с другими.



Рис.5. Общая концептуальная схема системы газификации в плазменной дуге [3]

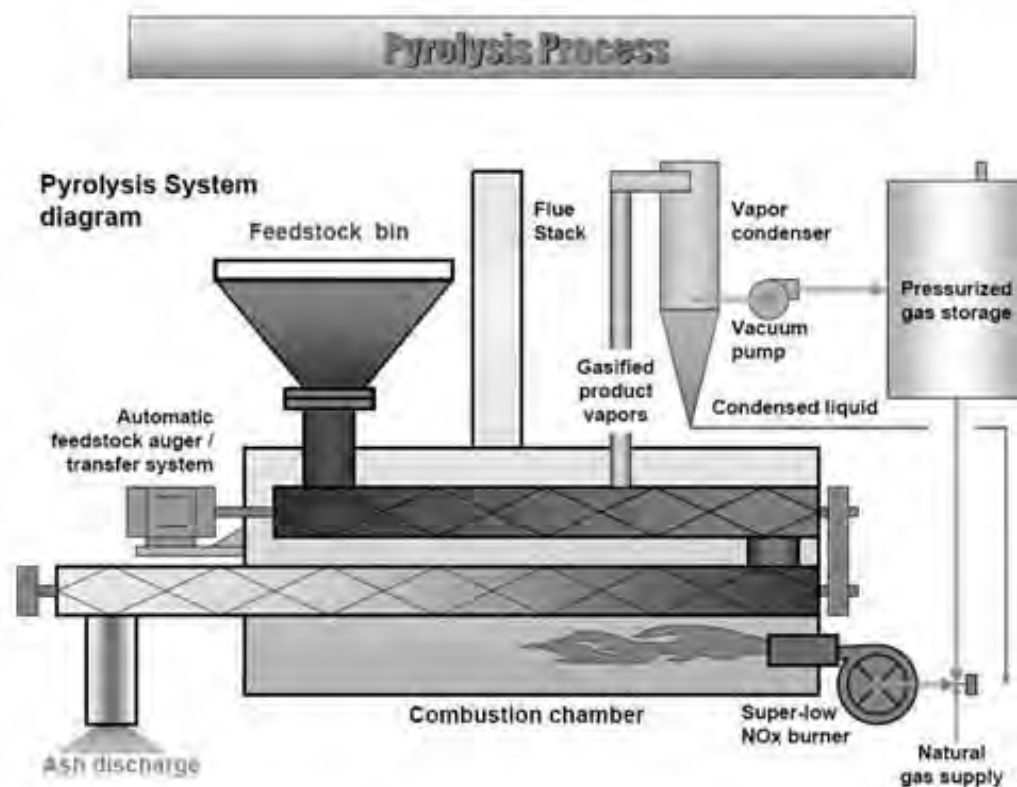


Рис.6. Общая концептуальная схема процесса пиролиза [3]

### Пример Швеции

Швеция не сразу достигла таких высоких показателей по переработке мусора (свалки составляют всего 1%). Сортировать мусор шведы начали в конце девяностых. Без предварительной сортировки переработка невозможна. Т.к. несортированный мусор

представляет собой опасную и токсичную смесь отходов, а сортированный мусор становится полезным сырьем для многих видов промышленности.

В каждом шведском доме 6 контейнеров для мусора, у каждого свой цвет: синий - для бумаги, серый - для металлических отходов, зелёный - для органики, оранжевый предназначен для пластика, жёлтый - для упаковок из бумаги и белый - для мусора, который можно сжечь, и это далеко не все виды отходов. Стекло сортируется по цвету (цветное отдельно от бесцветного), крупные отходы (старая мебель), бытовая техника и электроника, опасные отходы, которыми считаются батарейки, ртутные термометры, аккумуляторы.

Органические отходы преобразуют в удобрения и биогаз. Перерабатываемые отходы используются повторно. А неперерабатываемый мусор, который составляет 50% от общего объема, сжигают.

На шведских мусоросжигательных заводах установлена система очень сложных фильтров, она предотвращает попадание в атмосферу вредных химических соединений и тяжёлых металлов, которые выделяются из сжигаемого мусора. А из тепла, которое получается при сжигании, вырабатывают электроэнергию и отапливают дома.

Сегодня на территории Швеции находится около 650 центров по переработке мусора.

Мусоросжигательные заводы составляют важную часть шведской энергетики. Около 20% центрального отопления в Швеции обеспечивается с помощью мусора.

За 2015 год благодаря переработанным отходам в Швеции было произведено 17 ТВт-часов энергии.

Для того чтобы мусоросжигательные предприятия оптимально загружались и работали, в Швецию в 2015 году завезли 1,3 млн. тонн отходов из Норвегии, Великобритании и Ирландии. Шведы принимают мусор из соседних стран, а потом продают тем же странам энергию и биогаз. Можно сказать, что мусор превращается в деньги.

В Швеции на мусоросжигательные заводы оборудованы самыми передовыми технологиями, поэтому вредные выбросы от сжигания мусора очень малы (менее 1%). А также шведы смогли вдвое уменьшить количество вредных веществ, которые попадают в золу. Таким образом, Стокгольм можно считать одним из самых чистых европейских городов, несмотря на то, что в этом городе расположен мусоросжигательный завод (рис. 7).

### **Оценка воздействия мусоросжигающих заводов на окружающую среду**

Мусоросжигательный завод является опасным производством и без отходов работать не может. Выбросы включают типичные производственные отходы: загрязненные твердые отходы, загрязненный воздух и вода.



**Рис. 7.** Один из мусоросжигательных заводов в Швеции [10]

Для того, чтобы уменьшить выбросы в воздушную среду создаются очень мощные фильтры, они эффективны, но крайне дороги. Зола и шлаки, которые подлежат захоронению, иногда используют в качестве строительных материалов, а это небезопасно. Сегодня нет возможности понизить отходы с очистных сооружений, т.к. это повлечет загрязнение воды и увеличение загрязненной массы с фильтров.

## **ВЫВОДЫ**

1. Технология «wast-to-energy», успешно применяемая сейчас в Швеции, не является идеальной. Любой мусоросжигательный завод, пусть даже оснащенный самыми мощными фильтрами, все равно будет негативно воздействовать на окружающую среду, но по сравнению с ним свалки оказывают гораздо большее негативное влияние.

2. Мусоросжигательные заводы, которые приносят минимально возможный вред окружающей среде, оснащены очень дорогостоящим оборудованием, что усложняет широкое использование. Однако, через несколько лет после начала эксплуатации, стоимость строительства завода и специального оборудования окупится, и предприятие начнет приносить прибыль.

3. Несмотря на недостатки, способ термической переработки мусора с преобразованием тепла в энергию имеет хорошие перспективы для развития и заслуживает определенного внимания.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 27.12.2019) «Об охране окружающей среды»
2. Паспорт проекта «Чистая страна» [Электронный ресурс]: <http://government.ru/news/25945> (дата обращения 20.02.2020).
3. Обзор технологий отходы-в-энергию [Электронный ресурс] <https://wteinternational.com/technology/waste-to-energy-technologies-overview/?lang=ru> (дата обращения 20.03.2020)
4. Влияние мусоросжигательных заводов на окружающую среду [Электронный ресурс] <https://mirznanii.com/a/329116/vliyanie-musoroszhigatelnykh-zavodov-na-okruzhayushchuyu-sredu/> (дата посещения 25.03.2020)
5. Жильцов С.А. Получение электроэнергии при переработке отходов // Экономические отношения. 2019. Т. 9. № 3. С. 2143-2150.
6. 4 мифа об утилизации мусора. Ect-center.com. [Электронный ресурс]: <http://ect-center.com/blog/4-mifa-ob-utilizacii> (дата обращения: 20.02.2020).
7. Технологии в альтернативной энергетике [Электронный ресурс]: [https://www.agroritet.com/assets/files/technology\\_of\\_alternative\\_energy](https://www.agroritet.com/assets/files/technology_of_alternative_energy)(дата обращения: 21.02.2020).
8. Барабанные вращающиеся печи [Электронный ресурс]: [https://studref.com/466904/ekologiya/barabannye\\_vraschayuschiesya\\_pечи](https://studref.com/466904/ekologiya/barabannye_vraschayuschiesya_pечи)(дата обращения: 21.02.2020).
9. Термические методы переработки отходов [Электронный ресурс]: <https://studfile.net/preview/2824883/page:5/>(дата обращения: 21.02.2020).
10. [Электронный ресурс]: <https://zen.yandex.ru/media/wonderlust/kak-shveciia-sdelala-musor-svoim-istochnikom-blagopoluchiiia-5d682af4394b2a00ada91581>

## **ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ КАК СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ ПОЧВ**

**Данилов М. А.**

Студент 3 курса 11 группы ИСА НИУ МГСУ»

**Научный консультант: Курочкина В. А.**

канд. техн. наук, доцент каф. ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В условиях нарастающей урбанизации все больше на передний план выходит проблема очистки различных сред от загрязняющих веществ. Главная проблема традиционных методов очистки заключается в сравнительно высокой стоимости. В данной статье рассматривается возможность очистки почв и водной среды от загрязняющих веществ с помощью фиторемедиации, которая является частным методом ремедиации.

Цели исследования: анализ в общем случае общей экологической обстановки в мире, анализ существующих методов очистки грунтов и водной среды, а также определение эффективности и основных возможных направлений использования этого метода. На основании проведенных исследований, автор делает вывод, что фиторемедиация является наиболее рациональным в современном мире методом очистки грунтов и водной среды за счёт достаточного эффективного воздействия и низкой стоимости вследствие природной основы метода.

**Ключевые слова:** антропогенная нагрузка, ремедиация, очистка почв и почвогрунтов, очистка поверхностных и грунтовых вод, фиторемедиация.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Глобальные экологические проблемы с каждым годом оказывают всё более масштабное негативное воздействие на состояние нашей планеты. Изменение климатических условий, увеличивающиеся антропогенные нагрузки на почвы, воздушную и водные среды, приводят ко все увеличивающемуся отрицательному воздействию человека на экосистемы. В некоторых случаях такое воздействие может привести к деградации экосистем и к прекращению жизни в них в нашем привычном понимании – земли и водные объекты становятся не пригодными для использования или вовсе становятся необитаемыми: взять, к примеру, озеро Карачай, Чернобыль или Дельту реки Нигер в Африке. За последние десятилетия проблемы деградации почвенного покрова и нарушения почвенного плодородия

стали большой угрозой для окружающей среды и здоровья человека. Огромные по площади территории остаются непригодными для хозяйственного использования вследствие разрушающей деятельности человека и техники.

Основными видами антропогенного воздействия на почвы являются:

- эрозия;
- загрязнение тяжёлыми металлами и нефтепродуктами;
- вторичное засоление и заболачивание;
- опустынивание;
- отчуждение земель для промышленного и коммунального строительства.

Последствия этих нарушений масштабны. Например, в регионах, где происходит интенсивная нефтепереработка и нефтедобыча, загрязнения почвенного покрова и водных ресурсов может достигать значительных масштабов. Основная причина нефтяных загрязнений на месторождениях – аварийный разлив нефти.

Разлив нефти (рис.1), прежде всего, просачивается в почвенный покров, затем распространяется на подстилающие нижележащие породы и водоносные горизонты в соответствии с уклоном и направлением стока. Под действием нефтяного загрязнения почва становится гидрофобной и водонепроницаемой, снижается ее кислотность и микробиологическая активность, становится менее теплопроводной, и как следствие, снижается плодородие почв.



**Рис. 1.** Аварийный разлив нефти

Для восстановления земель и водных объектов в системе почва-(вода)-растение применяются различные методы ремедиации [1]. Они разделяются на небиологические (механические, химические и физико-химические), биологические и комбинированные. Однако многие из этих методов, в которых используются традиционные технологии, являются материально затратными, а также несут негативное воздействие на почвы.

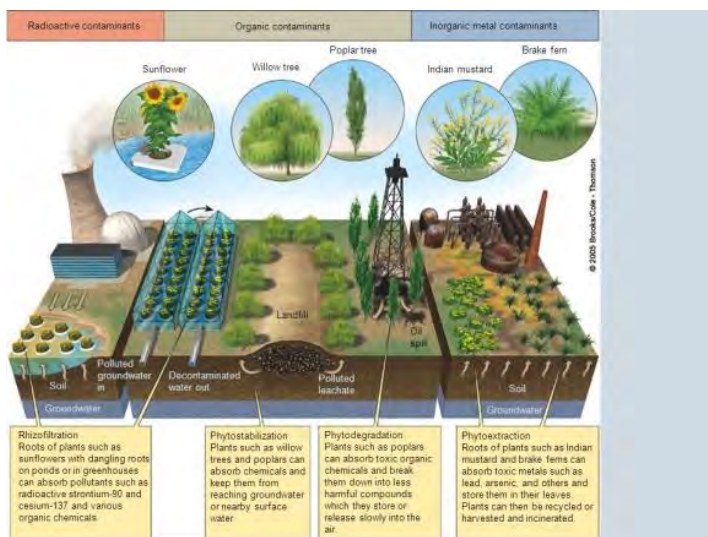
Метод очистки загрязнённых почв и воды – фиторемедиация был предложен в конце прошлого века. Было обнаружено, что ряд растений обладают особыми механизмами, которые позволяют им расти даже на территориях с высоким уровнем загрязнения.

Для улучшения очищающих способностей растений также широко используется генная инженерия и селекция. Необходимые гены берутся из микроорганизмов или переносятся от одного более адаптированного к нужным условиям растения к другому. Поэтому такие растения могут расти на территориях с таким высоким уровнем загрязнения, которое могло бы привести к гибели немодифицированного растения. Некоторые натуральные биоразлагаемые смеси позволяют растениям выдерживать загрязнения, в 500 раз превышающие их естественный уровень, и поглощать намного больше загрязнителей.

Для фиторемедиации (гидрботанической очистки) может быть использован широкий спектр водных растений, например: тростники (*Phragmites* spp.), ивы (*Salix cinerea*, *Salix reuntandra*), ряски (*Lemna* spp.).

В настоящее время производятся активные исследования гипераккумуляторов (например, водяной гиацинт — *Eichhornia crassipes* — уже применяется в фиторемедиации). Из луговых растений для фиторемедиации используется клевер (*Trifolium* spp.) и подсолнух однолетний (*Helianthus annuus*).

На рис. 2. представлены принципиальные схемы очистки от физических (радиоактивных), химических и биологических загрязнений.



**Рис. 2.** Схема очистки от физических (радиоактивных), химических и биологических загрязнений с помощью фиторемедиации

В целях поддержания безопасности создаются специальные ограждения, предотвращающие доступ диких и домашних животных на обрабатываемую территорию.

В процессе фитоволатилизации могут испаряться вредные летучие вещества и газы в атмосферу, поэтому при использовании этого метода необходимо постоянно проводить мониторинг атмосферного воздуха и отслеживать концентрации летучих веществ.

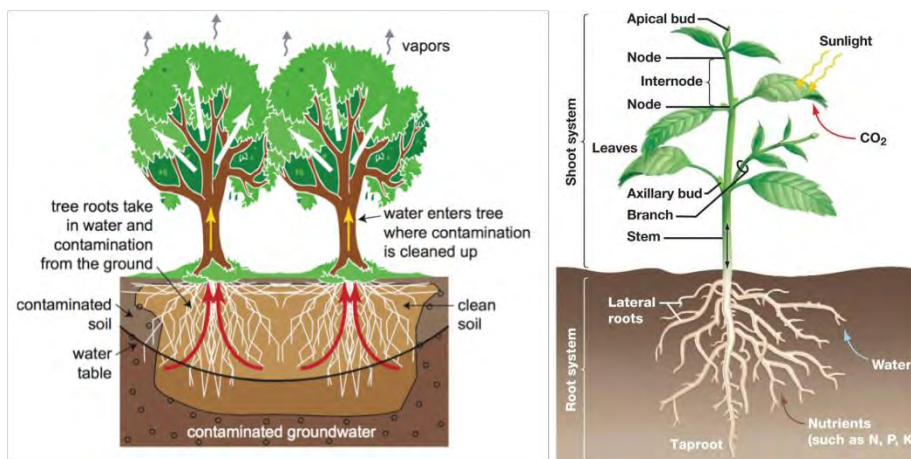
## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Как метод очистки почв фиторемедиация почв и почвогрунтов уже повсеместно применяется в России для промышленных зон, водных объектов, сельскохозяйственных угодий и военных полигонов [2]. Также фиторемедиации могут быть подвергнуты загрязнённые водные источники [3, 4], городские коммунальные сточные воды, сточные воды сельского хозяйства и промышленности. Во многом это связано с низкой себестоимостью – для фиторемедиации фактически необходимы лишь семена растения и солнечная энергия, что значительно дешевле методов, включающих применение техники (экскавация, промывка и сжигание почвы) или вовлечение большого количества высококвалифицированных специалистов. Также стоит отметить, что данная технология применяется непосредственно в зоне загрязнения, это позволяет сократить до минимума в современных условиях контакт человека с субстратами [5-7].

Исследование, проведенное Брюзгиной А.Л. и изложенное в статье [8], помогло оценить возможность применения цветочной культуры петунии (*Petunia*), на основе проб, взятых в пригороде г. Красноярска. Автор пришел к выводу, что петуния является эффективным «ферментом» для металлов Cu и Ni, концентрация которых за время эксперимента снизилась в 5 раз [8]. Для очистки окружающей среды от токсичных органических веществ, попадающих в неё с отходами химических предприятий, уже на протяжении достаточно периода времени и сравнительно эффективно используют различные микроорганизмы. Однако они не способны удалять из почвы и воды вредные для здоровья тяжелые металлы – например, мышьяк, кадмий, медь, ртуть, селен, свинец, а также радиоактивные изотопы стронция, цезия, урана и другие радионуклиды.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Зеленые растения могут извлекать из окружающей среды загрязняющие элементы и концентрировать их в своих тканях (рис.3).



**Рис. 3.** Миграция загрязняющих веществ в растениях

Фиторемедиация это сравнительно новое направление, под которым понимают комплекс методов очистки сточных вод, грунтов и атмосферного воздуха с использованием зеленых растений. Фиторемедиация – это одно из направлений более общего метода биоремедиации.

Фиторемедиация, являясь одним из биологических методов очистки сред, предполагает использование растений и микроорганизмов для стабилизации и уменьшения содержания загрязнителей в почвах, осадках, почвогрунтах, подземных и поверхностных водах. К этому способу, в основе которого лежит лишь использование растений и энергии солнечного света, сегодня часто прибегают для очистки от тяжелых металлов и радионуклидов, неорганических загрязнителей и широкого спектра органических токсикантов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Растения обладают уникальной метаболической и транспортной системой. Их корни выполняют ключевые в процессе фиторемедиации функции. Они поглощают и проводят воду и минеральные вещества. Наибольшее очищение происходит в ризосфере - слое почвы, в котором находятся корни растений, и который отличается от других слоев составом микрофлоры. Вместе с жизненно необходимыми веществами растения способны забирать из почвы различные загрязняющие вещества, затем разлагать их, действовать как фильтр и испарять их с поверхности своих листьев.

На урбанизированных территориях нельзя недооценить значение растений в ландшафтной архитектуре не только с эстетической точки зрения или потому что это «легкие городов». Почвы урбанизированных территорий подвергаются интенсивному загрязнению и поэтому растения можно применять как для очистки, уже загрязненных территорий, так и для контроля и поддержания допустимого уровня содержания загрязняющих веществ в незагрязненных почвах. Сегодня применение методов фиторемедиации с этой целью находит

все большее распространение при устройстве парковых зон урболандшафтов. На рисунке 4 представлен пример городского парка (Westergasfabriek Park) в промышленной зоне города Амстердама (Нидерланды), устройство которого базируется на применении методов фиторемедиации.

Биологическое значение этого феномена еще до конца не раскрыто: можно, например, предположить, что высокое содержание токсичных элементов защищает растения от вредителей и делает их более устойчивыми к болезням.

Загрязненную растительную массу, при необходимости, не составляет особого труда собрать и сжечь, а образовавшийся пепел или захоронить, или использовать как вторичное сырье [5].



**Рис. 4.** Westergasfabriek Park, Amsterdam, Netherlands, 2004

В основу фиторемедиации легло понятие фитоаккумуляции. В зависимости от вида растений механизм фитоаккумуляции можно разделить на фитофильтрацию, фитостабилизацию, фитоволатилизацию или фитодеграцию.

Если говорить о процессах, происходящих в корневой и околокорневой (ризосферной) зонах растений, то можно выделить, по аналогии, ризодеграцию (или ризоремедиацию) и ризофильтрацию.

Таким образом, в зависимости от механизма, используемого при восстановлении почв, различают следующие виды фиторемедиации (рис. 5):



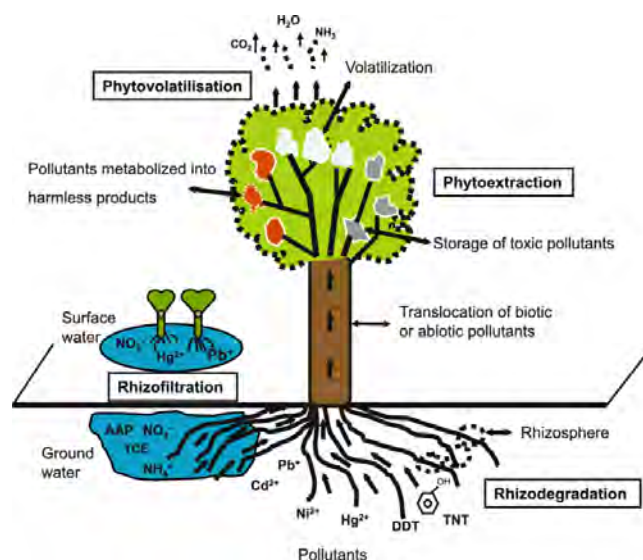


Рис. 5. Методы фиторемедиации

- **Фитоаккумуляция** (Phytoaccumulation) или фитоэкстракция (Phytoextraction) – накопление в органах растений (особенно гипер-аккумуляционных растений) различных загрязняющих веществ;
- **Фитоволатилизация** (Phytovolatalization) или фитоиспарение- испарение воды и летучих химических элементов через листья растений.
- **Фитофильтрация** (Phytofiltration). Этот тип фиторемедиации используется при дезактивации грунтовых и поверхностных вод. Загрязняющие вещества поглощаются или адсорбируются микроорганизмами или корнями.
- **Фитостабилизация** (Phytostabilization) или Phytoimmobilization– превращение химических соединений в более стабильные формы.
- **Фитодеградация** (Phytodegradation) — разложение микроорганизмами и органами растений органической части загрязнений.
- **Фитостимуляция** (Phytostimulation) или Ризодеградация (Rhizodegradation) или Ризоремедиация (Rhizoremediation) - стимуляция развития микроорганизмов, симбиотически связанных с растением, принимающих участие в очистке.
- **Ризофильтрация** (Rhizofiltration) - абсорбция и концентрация корнями растений токсичных металлов из воды.

### Ризодеградация (Rhizodegradation)

Ризосферная деградация или ризоремедиация (Rizoremediation) относится к методу разрушения загрязняющих веществ в пределах корневой зоны растения (или ризосферы) за счет бактерий или других микроорганизмов в ней. Зачастую, эти два понятия, в научной литературе отождествляют.



В общем смысле под ризоремедиацией понимают метод восстановления почв в результате деградации загрязняющих веществ, которая происходит под действием микроорганизмов, которые живут в ризосфере. Согласно исследованиям в ризосферной почве содержится в сотню раз больше микроорганизмов, чем в почве вне ризосферы [9]. Количество микроорганизмов настолько велико в ризосфере, потому что растения выделяют сахара, аминокислоты, ферменты и другие питательные вещества, которые могут стимулировать рост бактерий. Поверхность корней также обеспечивает дополнительную площадь для роста микробов и является дополнительным путем переноса кислорода из окружающей среды в ризосферу. Следовательно, растения являются стимулирующим фактором для роста и развития микроорганизмов, поэтому термин «ризодеградация» имеет более широкий смысл (рис. 6).



Рис. 6. Роль растений в ризодеградации

Метод ризодеградации хорошо применим к сильно загрязненным почвам. Результаты исследования показали высокие результаты использования этого метода, особенно при очистке почвы от широкого спектра органических химических веществ, включая нефтяные углеводороды, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), хлорированные растворители, пестициды, полихлорированные дифенилы (ПХД), бензол, толуол, этилбензол и ксилолы [10]. Ряд ученых называют этот метод также **фитостимуляцией** (рис. 7) поскольку с помощью растений происходит с одной стороны стимуляция роста и развития микроорганизмов, способствующих разложению органических загрязняющих веществ, с другой стороны загрязняющие вещества активно вовлекаются растениями в ризосферу [11,12].

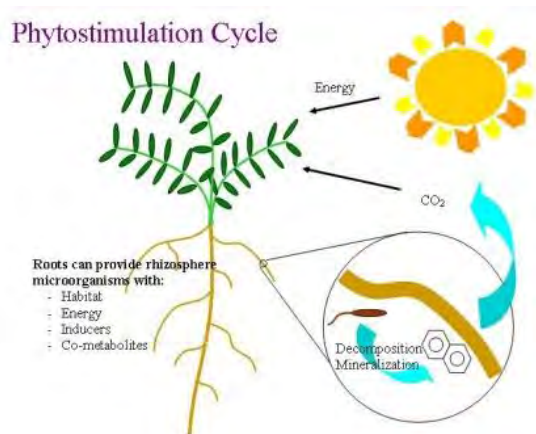


Рис. 7. Миграция потоков энергии и веществ при фитостимуляции

Кроме того, растения не только стимулируют развитие микроорганизмов, но эти микроорганизмы живут в корнях растений.

### Ризофильтрация (Rhizofiltration)

Ризофильтрация ("ризо" означает "корень") - это поглощение корнями (или адсорбция или осаждение на корнях растений) веществ в пределах ризосферы.

Механизм действия ризофильтрации похожа фитоэкстракцию, но растения в нем используются для очистки загрязненной воды, а не почвы. Ризофильтрация зачастую применяется для очистки в первую очередь грунтовых вод, но она может применяться также и для очистки поверхностных стоков, промышленных и бытовых сточных вод (рис. 8), талых и ливневых вод, кислотных дренажных вод на рудных месторождениях, сельскохозяйственных стоков, разбавленных шламов и загрязненных радионуклидами вод и почв.

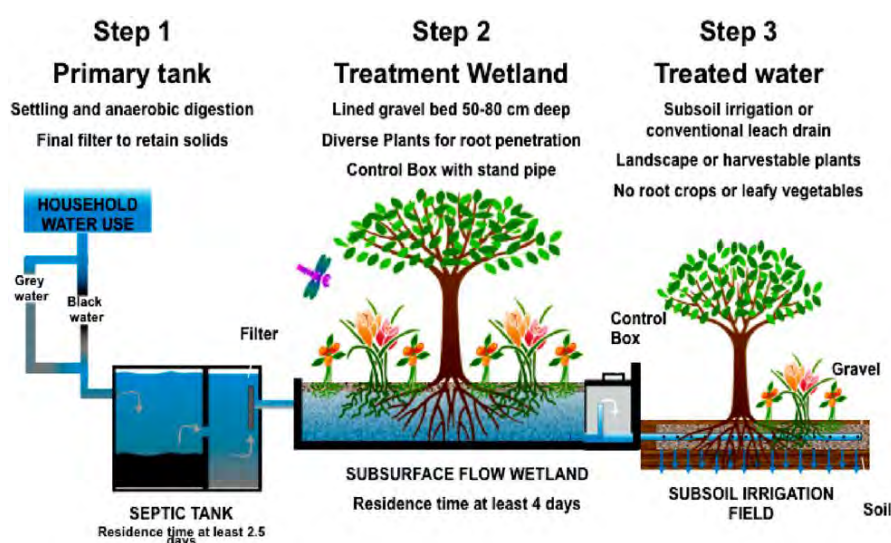


Рис.8. Применение ризофильтрации для очистки бытовых сточных вод

При ризофилтрации растения поглощают загрязняющие вещества через свои корневые системы и затем транспортируют их вверх в стебли и листья или хранят их в корневой биомассе.

Ризофилтрация - это один из видов фиторемедиации, который основывается на выращивании растений методами гидропоники, т.е. использования гидропонически культивируемых корней растений для восстановления загрязненной воды путем поглощения, концентрации и осаждения загрязняющих веществ в растениях.

Загрязненная вода либо подается на участки, засаженные культивируемыми растениями, либо растения высаживаются на загрязненную территорию (рис. 9).



**Рис. 9.** Применение фиторемедиации

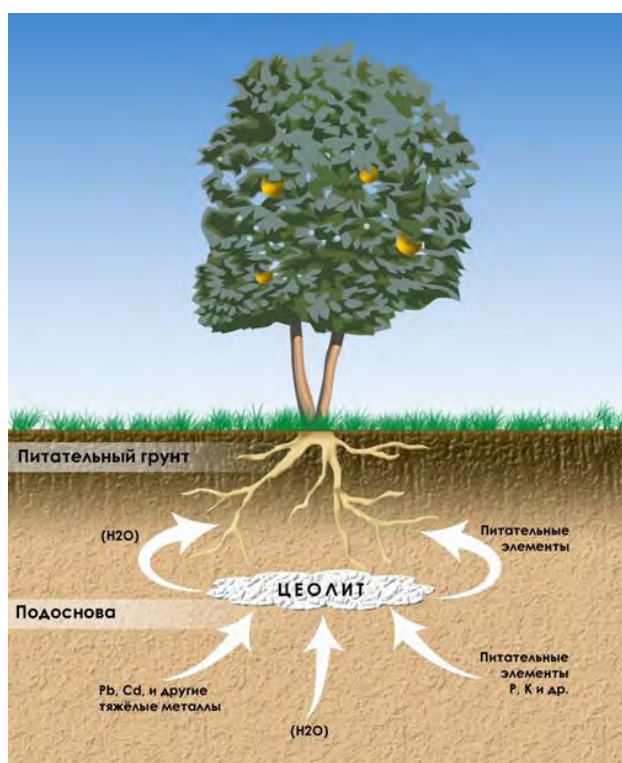
По мере того как растения насыщаются загрязняющими веществами, их собирают. Так, например, в ходе экспериментов в ряде районов, подвергшихся загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС (вокруг Чернобыля и на Украине), подсолнечник показал хорошие результаты при удалении радиоактивных загрязнений с сельскохозяйственных территорий. Его использование помогло значительно снизить концентрацию свинца всего лишь после однократно применения [13].

Растения, пригодные для применения ризофилтрации, могут эффективно удалять тяжелые металлы с помощью быстрорастущих корневых систем. Было обнаружено, что различные виды наземных растений эффективно удаляют тяжелые металлы, такие как Cu, Cd, Cr, Ni, Pb и Zn, , которые в основном сохраняются в корнях [9].

Деревья тоже можно эффективно применять для очистки грунтовых и поверхностных вод. Деревья - это самый дешевый тип растений. Они могут расти на низкоплодородной земле

с высокими концентрациями загрязнений. Наиболее часто используются ивы и тополя, которые могут быстро расти, и имеют высокую устойчивость к наводнениям (рис.8).

Этот процесс очень похож на фитоэкстракцию в том смысле, что он удаляет загрязняющие вещества из среды в результате миграции этих загрязняющих веществ в пригодную для сбора растительную биомассу. Как фитоэкстракция, так и ризофилтрация основываются на одних и тех же принципах восстановления загрязненной среды. Во-первых, растения вступают в контакт с загрязнением, поглощая загрязняющие вещества через свои корневые системы. Загрязняющие вещества транспортируют их вверх в стебли и листья или хранят их в корневой биомассе (рис. 10).



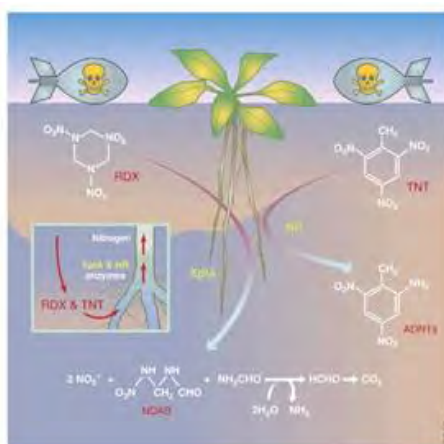
**Рис. 10.** Миграция загрязняющих веществ

Цикл роста растений от высадки до удаления продолжается до тех пор, пока не будет достигнут удовлетворительный уровень загрязнения. Оба процесса также направлены в большей степени на извлечение и аккумуляцию тяжелых металлов, чем органических загрязняющих веществ. Основное различие между ризофилтрацией и фитоэкстракцией заключается в том, что ризофилтрация используется для восстановления водной среды, в то время как фитоэкстракция чаще используется при рекультивации почвы.

### **Фитодеградация (Phytodegradation)**

Фитодеградация, которая также известна как фитотрансформация, представляет собой распад загрязняющих веществ, поглощаемых растениями в результате метаболических процессов внутри растения, или распад загрязняющих веществ, окружающих растение, под действием ферментов (рис.11).

Другими словами, этот метод состоит в отборе и использовании растений, способных вырабатывать ферменты, которые катализируют и ускоряют разложение поглощенных загрязняющих веществ. В процессе фитодеградации эти ферменты вызывают распад молекул органических загрязняющих веществ, превращая их в более простые молекулярные формы. Загрязняющие вещества становятся нетоксичными или малотоксичными и включаются в растительные ткани.



**Рис. 11.** Фитодеградация

Растения также могут минерализовать загрязняющие вещества в простые, усваиваемые соединения, такие как углекислый газ (CO<sub>2</sub>) и вода (H<sub>2</sub>O). Примерами ферментов этого типа являются дегалогеназы и оксигеназы - первый способствует удалению галогенов из химических соединений, а второй окисляет вещества.

Фитодеградация используется при удалении взрывчатых веществ, таких как тротил (тринитротолуол), хлорорганических и фосфорорганических пестицидов, галогенированных углеводородов и других органических загрязняющих веществ.

### **Фитостабилизация (Phytostabilization)**

Этот тип фиторемедиации основан на применении растений, которые поглощают загрязняющие вещества и иммобилизуют их внутри корневой системы.



Известно, что эти растения снижают биодоступность загрязняющих веществ за счет выработки и выведения корнями химических соединений, которые инактивируют токсичные вещества с помощью механизмов абсорбции, адсорбции или осаждения-отверждения. Таким образом, загрязняющие вещества больше не доступны в окружающей среде для других живых существ, они не могут мигрировать в грунтовые воды и рассеиваться на больших площадях (рис. 12).

Метод фитостабилизации предполагает создание растительного покрова на поверхности загрязненных участков с целью снижения подвижности загрязняющих веществ путем накопления их в корневой системе растений, что тем самым вызывает их иммобилизацию в пределах ризосферы и способствует снижению уровня загрязнения за пределами рассматриваемого участка.

Этот процесс включает в себя транспирацию и рост корней, которые:

- иммобилизуют загрязняющие вещества,
- способствуют уменьшению выщелачивания,
- помогают контролировать эрозию,
- создают аэробную среду в корневой зоне,
- помогают связывать загрязняющие вещества, образуя различные менее активные соединения с органикой.

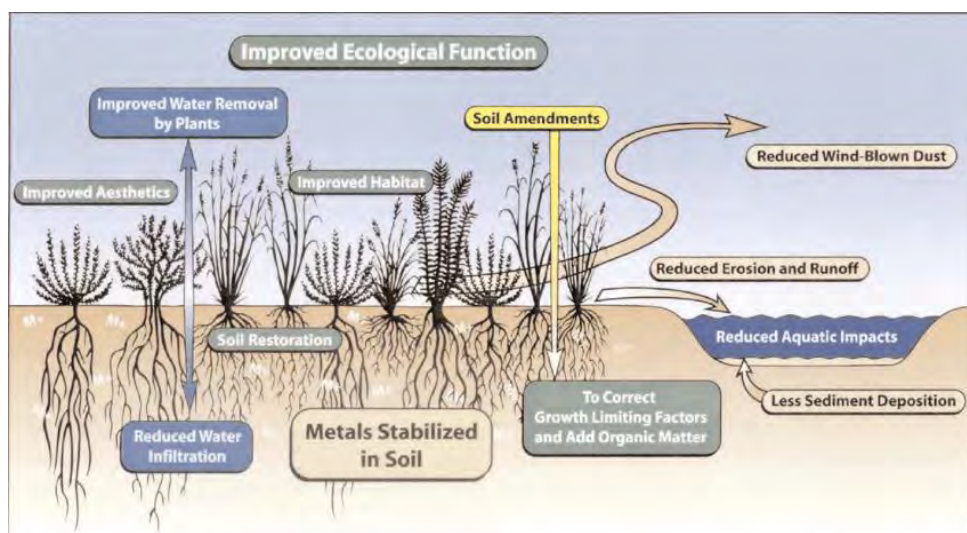


Рис. 12. Фитостабилизация

Микробная активность, связанная с корнями растений, может ускорить разложение органических загрязняющих веществ, таких как пестициды и углеводороды, до нетоксичных форм.

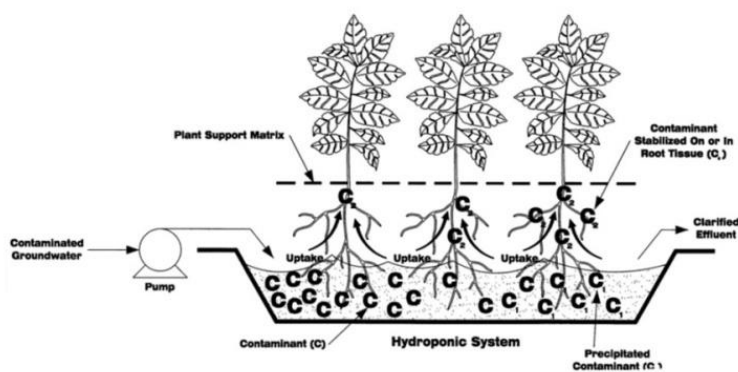
Фитостабилизация может быть усилена с помощью модификации почвы, которая способствует иммобилизации тяжелых металлов в сочетании с применением видов растений, которые устойчивы к высоким уровням загрязняющих веществ и могут расти на низкоплодородных почвах или в районах хвостохранилищ.

Модификация ризосферы вызывает изменения биохимических свойств ризосферы, влияющие на поведение тяжелых металлов, включая подкисление, высвобождение органических кислот и повышенную микробную активность почв, что приводит к возможности регулировать комплексообразование, подвижность и биодоступность тяжелых металлов и тем самым влияя на фитостабилизацию загрязненных участков. Этот метод в основном используется для рекультивации почвы, осадка и шлама [9] и хорошо зарекомендовал себя при обезвреживании таких тяжелых металлов как свинец (Pb), мышьяк (As), кадмий (Cd), хром (Cr), медь (Cu), цинк (Zn) и других. Некоторые растения, которые были использованы в фитостабилизации: люпин белый (*Lupinus albus*) - иммобилизация мышьяка и кадмия; бородач опушённый (*Hyparrhenia hirta*) - иммобилизация свинца; парнолистник обыкновенный (*Zygophyllum fabago*) - иммобилизация цинка; зольник лекарственный (*Anthyllis vulneraria*), луговик дернистый (*Deschampsia cespitosa*) и песчаный кардамонисис (*Arabidopsis arenosa*) - иммобилизация цинка, свинца и кадмия.

### Фитофильтрация (Phytofiltration)

Этот тип фиторемедиации используется при дезактивации грунтовых и поверхностных вод. Загрязняющие вещества поглощаются микроорганизмами или корнями (и хранят в корневой биомассе) или они прилипают (адсорбируются) на поверхности обоеих.

При фитофильтрации растения выращивают методами гидропоники, а когда корень хорошо развит, растения переносят в загрязненные воды (рис.13).



Source: [https://www.researchgate.net/profile/Pascale\\_Champagne/publication/310425143/figure/fig9/AS:449367220985858@14841489020721/Schematic-of-a-hydroponic-rhizofiltration-system.png](https://www.researchgate.net/profile/Pascale_Champagne/publication/310425143/figure/fig9/AS:449367220985858@14841489020721/Schematic-of-a-hydroponic-rhizofiltration-system.png)

Рис. 13. Фитофильтрация

Некоторые растения, используемые в качестве фитофильтрующих: *куга болотная (Scirpus lacustris)*, *ряска горбатая (Lemna gibba)*, *азолла каролинская (Azolla caroliniana)*, *повойничек трехтычинковый (Elatine triandra)* и *горец точечный (Polygonum punctatum)*.

### **Фитоволатилизация (Phytovolatilization)**

Фитоволатилизация- это процесс, при котором растения поглощают загрязняющие вещества из почвы и выделяют их в виде летучих форм в атмосферу через транспирацию. По мере своего продвижения по сосудистой системе растения от корней некоторые загрязняющие вещества перемещаются через растения к листьям и испаряются в атмосферу.

Это явление называется фитоволатилизация (или фитоиспарение). Этот метод себя хорошо зарекомендовал, когда растения могут выделять загрязняющие вещества в атмосферу, преобразованные в газообразную или летучую форму, через поры листьев, например, ртуть. Ионы ртути превращаются в менее токсичную элементарную ртуть и испаряются через листья.

### **Фитоэкстракция (Phytoextraction)**

Фитоэкстракция, также называемая фитоаккумуляция или фитосанацией, - это подпроцесс фиторемедиации, при котором растения удаляют из почвы или воды опасные элементы или соединения, чаще всего тяжелые металлы, которые могут быть токсичны для организмов даже при относительно низких концентрациях.

Направление фитоэкстракция было известно уже давно и стало интенсивно развиваться после того, как были обнаружены растения-гипераккумуляторы. Растения-гипераккумуляторы - это те растения, которые имеют способность аккумулировать в себе вещества в значительных концентрациях, которые могут превышать предельно-допустимые уровни в сотни раз.

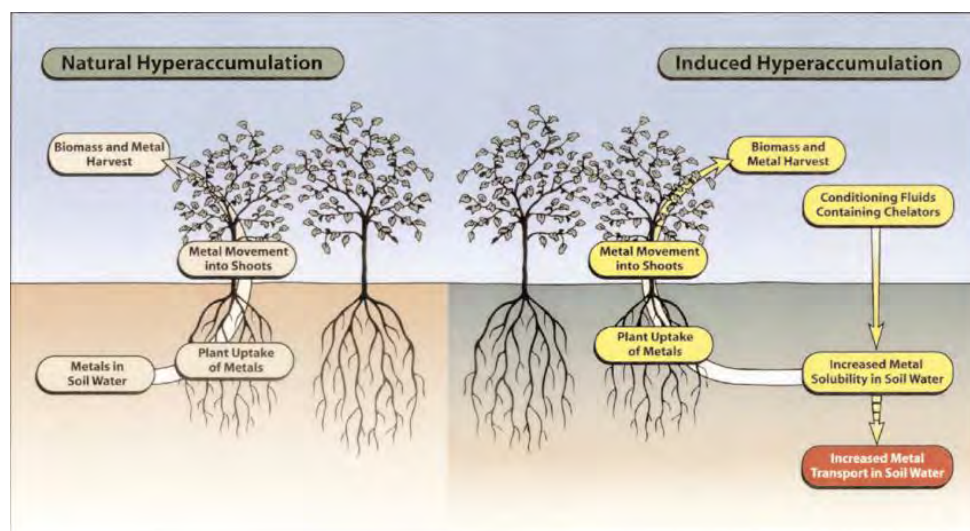
После этого фитоэкстракция стала признанным эффективным и экономически выгодным методом очистки среды. Так, например, оказалось, что растения-гипераккумуляторы способны накапливать в своих листьях до 5% никеля, цинка или меди в пересчете на сухой вес, то есть в десятки раз больше, чем обычные растения. Типичные растения-гипераккумуляторы: никеля относятся к видам *семейства крестоцветных (Brassicaceae)*, *родов бурачок (Alyssum)* и *ярутка (Thlaspi)* (рис. 14) [14], цинка - к видам *семейства крестоцветных (Brassicaceae)*, *рода ярутка (Thlaspi)*, меди и кобальта - к видам *семейства яснотковых (Lamiaceae)*.





**Рис. 14.** Бурачок - растение-гипераккумулятор

Растения-гипераккумуляторы способны «подтягивать» за счет своей корневой системы большое количество вещества к поверхности земли и концентрировать его внутри себя, при этом концентрация этого вещества в почве, на которой произрастает растение, также становится заметно выше (рис.15).



**Рис. 15.** Фитоаккумуляция

Как уже отмечалось выше, основным различием между ризофльтрацией и фитоэкстракцией является то, что ризофльтрация используется для восстановления в основном водной среды, в то время как фитоэкстракция активно применяется при рекультивации почвы.

Этот принцип используется в фитоэкстракции (или фитоаккумуляции) для удаления загрязняющих веществ из почвы и донных отложений в пригодную для сбора растительную биомассу. После того, как растения поглотили и накопили загрязняющие вещества, их, как правило, собирают в виде биомассы и сжигают.

Свойство растений-гипераккумуляторов активно используется в разработке недр при поиске полезных ископаемых. Биогеохимический метод поиска полезных ископаемых возник в нашей стране в 20-х годах, когда С.П. Александров установил, что содержание урана и ванадия в растениях, обитающих на некоторых рудных месторождениях, зависит от концентрации этих элементов в подстилающих породах. Позднее эта закономерность была установлена по отношению ко многим элементам. Постепенно накапливалось все больше и больше фактов, свидетельствующих о возможности широкого использования результатов химического анализа растений для поиска полезных ископаемых. Начиная с 50-х годов, биогеохимический метод стал интенсивно применяться в производственных масштабах.

Так, например, установлено, что в золе некоторых растений пустынь золота содержится в 40-150 раз больше, чем в почве. В полыни, произрастающей на месторождении, количество золота колеблется от 4,7 до 85 г на 1 т золы, тогда как в полыни, обитающей за пределами месторождения, оно не превышает 4-5 г на 1 т. Накапливают золото также *хвоц полевой* (*Equisetum arvense*) (рис. 16), растения *подазайцегуб* (*Lagochilus spp.*), нередко встречающиеся в горных районах Средней Азии, *овсяница красная* (*Festuca rubra*) и др.



**Рис.16.** Хвоц полевой- растение, концентрирующее золото

В растениях *овсяницы красной* (*Festuca rubra*) может содержаться 95,05 мг золота на 1 т растительного материала. Особенно богаты этим элементом семена. Среднее содержание золота в растениях со свинцово-серебряных копей - 1,71 мг на 1 т, а с золотых приисков - в 2 раза больше и составляет 3,42 мг на 1 т. Использование этой уникальной способности растений к фитоаккумуляции находит все большее распространение.

## ВЫВОДЫ

Эффективность этого метода доказывают множество исследований, проводимых в научно-исследовательских центрах по всему миру. Данные результатов исследования позволяют считать фиторемедиацию эффективным и применимым способом для восстановления вод, почв и почвогрунтов. Фиторемедиация широко применяется из-за нескольких причин:

1. Она основывается на использовании естественных ресурсов (в т.ч. солнечной энергии) и преимуществах метаболических процессов растений.
2. Она оказывает мягкое воздействие на почву с привнесением природных субстратов, биогенных элементов и микроорганизмов;
3. Низкая стоимость;
4. Растения, используемые в ходе восстановления воды и почвы, предотвращают эрозию, делают ландшафт более привлекательным, улучшают качество воздуха и т.д.

Таким образом, фиторемедиация является привлекательным методом для очистки земель и водных объектов. Однако, несмотря на все достоинства фиторемедиации, ее применение требует комплексного междисциплинарного исследования, поскольку каждый проект требует индивидуальной разработки. Фиторемедиация – это достаточно длительный процесс, который может занимать несколько месяцев или лет, и результативность этого метода сильно зависит от особенностей места загрязнения. Несмотря на то что затраты на проведение фиторемедиации составляют 60-90% от стоимости ремедиации, необходимо учитывать, возможность образования опасных продуктов неполной биodeградации загрязняющих веществ, поэтому дополнительно требуется оценка возможных последствий интродукции организмов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Большая энциклопедия нефти и газа, см. Технический этап — рекультивация.
2. Бекузарова С.А, Ханиева И.М., Азубеков Л.Х. // Фиторемедиация токсических почв. Успехи современного естествознания. – 2018. – № 12 (часть 2) – С. 345-352
3. Кривицкий С., Остроумов С.// Экобиоинженерия: экологическая реабилитация водоемов. Ecological Studies, Hazards, Solutions, vol. 11 (2006).
4. Остроумов С.А., Соломонова Е.А. // Инновационная разработка экотехнологического подхода к очищению вод: фиторемедиация с использованием водных макрофитов. - Вода: технология и экология. 2008. №3. стр. 48-56.

5. Паскин И.И. Фиторемедиация: зеленая революция в экологии// Экология современного мира. М.: Планета, 2012. №1. стр. 23-25
6. Elizabeth Pilon-Smits // *Phytoremediation Annu. Rev. Plant Biol.* 2005. 56:15–39
7. Richard B Meagher // *Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants Current Opinion in Plant Biology* 2000, 3:153–162
8. Брюзгина А.Л. Фиторемедиация, как способ очистки почв, загрязненных Cu, Ni, Zn // Научное сообщество студентов XXI столетия. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ: сб. ст. по мат. XIII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 13. URL: <http://sibac.info/archive/nature/Natur07.11.2013.pdf> (дата обращения: 02.03.2020)
9. U.S.EPA 2000. Introduction to Phytoremediation. United States Environmental Protection Agency. EPA/600/ R-99/107. Office of Research and Development, Washington, DC. February 2000.
10. EPA. A Citizen’s Guide to Phytoremediation. EPA 542-F-98-011. United States Environmental Protection Agency. 2000. p. 6. [Электронный ресурс]: Available at: [http://www.bugsatwork.com/XYCLONYX/EPA\\_GUIDES /PHYTO.PDF](http://www.bugsatwork.com/XYCLONYX/EPA_GUIDES /PHYTO.PDF) (дата обращения: 16.04.2020)
11. Zhang, L.-P C.-L., Chen, W.-X. *Streptosporangium yunnanense* sp. nov. and *Streptosporangium purpuratum* sp. nov., from soil in China. *Journal Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* Vol.55 .2005: 719-724.
12. Zhang S., and C. L. Hansen. “Biological Detoxification of Mercury Contaminated Soil,” American Society of Agricultural Engineering, ASAE Summer Meeting, Albuquerque, NM. 1991. Paper# 91-6006.
13. Raskin, I. and Ensley, B.D. *Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean up the Environment.* John Wiley & Sons, Inc., New York. 2000: 53-70.
14. Тереньева Л.Ю., Крапивская Е.Е., Мачс Э.М., Родионов А.В. Гипераккумуляторы Ni среди представителей трибы *Alysseae* семейства *Brassicaceae* флоры Северного Кавказа. *Генетика популяций и эволюция.* Том XII. №1. 2014. 62-72. ISSN 1811-0932. [Электронный ресурс]. <https://cyberleninka.ru/article/n/giperakkumulyatory-ni-sredi-predstaviteley-triby-alyseae-semeystva-brassicaceae-flory-severnogo-kavkaza/viewer>

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

**Данченко А.А.**

Студентка 4 курса 9 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научные консультанты: Субботин А.С.<sup>1</sup>, Ундозеров В.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> кандидат технических наук, доцент кафедры СОТАЭ НИУ МГСУ

<sup>2</sup> кандидат технических наук, старший преподаватель, доцент кафедры СОТАЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Сельское хозяйство – одно из основных стратегически важных отраслей экономики. На сегодняшний день разработан ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство». Основные цели сведены к созданию и внедрению национальной цифровой платформы, модуля «Агрорешения», системы непрерывной подготовки специалистов сельскохозяйственных предприятий.

Данный проект ставит перед собой выполнение таких задач, как повышение производительности труда в 2 раза на объектах аграрного сектора, сокращение удельных затрат, снижение материальных затрат на себестоимость единицы сельхозпродукции. Реализация всех поставленных целей требует повышения надежности электроснабжения. На сегодня уровень энергетики аграрного сектора недостаточен для решения данных задач по цифровизации.

Необходимо предпринять меры, направленные на стабильную и бесперебойную работу систем электроснабжения. В качестве устранения энергетических проблем возможно использование современных ветрогенераторов, установку на поле дизель-генераторной, расположение солнечных батарей, реконструкция ЛЭП, развитие сетей.

На основании сравнения различных методов решения этого вопроса делается вывод о наиболее эффективном оборудовании и системах, которые помогут снизить значительные капиталовложения и добиться бесперебойной работы объектов сельского хозяйства.

**Ключевые слова:** Цифровизация, энергетика, сельское хозяйство, источники энергии, надежность электроснабжения.

## **ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день ни одно предприятие, ни один объект сельского хозяйства не может обойтись без потребления электроэнергии. Этот ресурс считается одним из наиболее важных. Для работы посевной, уборочной, почвообрабатывающих техник, а также для электрооборудования, тракторов, опрыскивателей требуется значительное потребление электроэнергии.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Энергетические проблемы сельского хозяйства стали особенно актуальны в последнее время, в связи с утверждениями ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» [1].

Цифровое сельское хозяйство - сельское хозяйство, базирующееся на современных способах производства сельскохозяйственной продукции и продовольствия с использованием цифровых технологий (интернет вещей, робототехника, искусственный интеллект, анализ больших данных, электронная коммерция и др.), обеспечивающих рост производительности труда и снижение затрат производства.

Реализация такого проекта поможет выполнить основные задачи аграрного сектора:

- увеличение производительности труда на сельскохозяйственных предприятиях в 2 раза в расчете на одного работника;
- сокращение удельных затрат предприятий на администрирование бизнеса в 1,5 раза;
- снижение доли материальных затрат в себестоимости единицы сельскохозяйственной продукции (ГСМ, удобрения, электроэнергия, посадочный материал, корма и др.) на 20% и более;

В рамках проекта предполагается внедрение таких технологий, как роботов-дояров, механизированных систем кормления, навозоудаления[2], осуществление автоматических покосов растительности, а также механизированных способов удобрения и распыления защитных средств от различного рода вредителей [3].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Сельское хозяйство требует немалое количество электроэнергии, которая будет идти на питание оборудования и сельскохозяйственной техники. Для всего этого требуется бесперебойная и стабильная работа систем электроснабжения. Кроме того, многие аграрные предприятия переходят на автоматизированный процесс производства. Это делается для того, чтобы повысить производительность и качество выпускаемой продукции.

Аграрный сектор можно отнести ко всем 3 категориям надежности электроснабжения. К 1 категории относятся крупные животноводческие комплексы и фермы, ко 2 – тепличные и рассадные комбинаты, кормоприготовительные заводы, к 3 относятся все остальные потребители, не вошедшие в первую и во вторую категорию [4].

На сегодняшний день чаще всего используют линии электропередач, которые устанавливаются на полях. Протягивается система столбов, к которым крепятся изолированные кабели. В данных кабелях течет ток, поступающий в трансформаторные подстанции. Это самый распространённый и широко известный способ передачи электроэнергии на объекты аграрного сектора. Характерные значения тока, которые достигаются в данных условиях, находятся в пределах от 10-30 кВ [5]. У данного способа имеется ряд минусов, из которых можно выделить потери электрической энергии, а также возможность нарушения бесперебойной работы линий электропередач. Это связано с плохим состоянием сетей, а также устаревшим оборудованием, используемым на ЛЭП. Большое количество оборудования находится в аварийном состоянии.



Рис.1. Линии электропередач, установленные на полях

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Для осуществления стабильной передачи электроэнергии можно использовать современные установки. Такое оборудование поможет усовершенствовать систему электроснабжения, и добиться отнесения всего аграрного сектора к 1 категории надёжности. Например, солнечные батареи [6]. Это неиссякаемый и вседоступный источник энергии, использование которого имеет высокую экологичность.

Солнечные батареи - устройство для непосредственного преобразования энергии солнечного излучения в электрическую энергию. В основе работы лежит вентильный фотоэффект.





Рис.2. Солнечные батареи

Вентильный фотоэффект – это явление возникновения электродвижущей силы (или фотоэдс) при освещении структуры, состоящей из разнородных элементов.

Данные установки целесообразно устанавливать в районах, где имеется значительное количество солнечного света: Краснодарский край, Якутск, Владивосток и др. Мощность такого оборудования может находиться в пределах от 10 до сотни кВт, все зависит от производителя устройства. Кроме неоспоримых плюсах, солнечные батареи имеют ряд значительных минусов - крупные первоначальные инвестиции, кол-во вырабатываемой энергии зависит от погодных условий и климата, низкий уровень КПД.

Кроме солнечных батарей можно рассмотреть возможность установки дизельгенераторной [7] на территории поля.



Рис.3. Дизель генераторная установка (ДГУ)

Это агрегаты, состоящие из электрического генератора, дизельного двигателя, а также систем автоматизации, защиты и контроля. Применение данного вида установок может быть обусловлено необходимостью наличия автономной стационарной сети, услугами которой



можно воспользоваться в любое время. Основное преимущество заключается в надежности конструкции, которая обеспечивает долговечность использования прибора. Обслуживание выражено в своевременной замене масла, а также в контроле его уровня в устройстве. Такие установки способны вырабатывать различную мощность, показатели КПД имеют высокие значения. Чаще всего они выполняются мобильными, то есть имеется возможность демонтировать на старом месте использования и установить на новом без потерь.

К минусам дизель-генераторных можно отнести их стоимость, она превышает значения по сравнению с бензиновыми аналогами по мощности. Также необходимо обеспечить наличие дополнительного устройства для снижения высокого уровня шума, например, кожуха или контейнера. Нагрузка, которая приходится на агрегат, не должна превышать значение 40-70% от мощности модели. В результате перегрузки возможен быстрый выход из строя оборудования. Ещё один популярный вид устройства источника энергии – это ветрогенераторы [8].



Рис.4. Ветрогенераторы

Принцип работы заключается в передаче ветра на лопасти, которые вращают ротор, в результате чего происходит выработка электрической энергии. Ветряные мельницы целесообразно устанавливать в районах со средней скоростью ветра более 8 м/с. Основным преимуществом является бесплатная возобновляемая энергия, которая не выделяет вредных веществ. Достаточно легкий процесс эксплуатации, короткое время на сбор установки. Низкие траты на обслуживание, небольшие потери при транспортировке энергии. Но, несмотря на ряд весомых преимуществ, есть минусы, к которым можно отнести значительные инвестиционные затраты. Ветровая сила непостоянна, в результате чего возможно колебания в выработке электроэнергии. Из-за вращения лопастей больших диаметров, могут вызываться радиолокационные помехи, возможно нарушение траекторий перелетов птиц.

Для достижения более высокого результата можно использовать комбинированные решения. Объединять в единый комплекс несколько видов оборудования.

## **ВЫВОДЫ**

Проект «Цифровое сельское хозяйство» предполагает внедрение национальной цифровой платформы, переход на автоматизированный процесс производства. Кроме того, подразумевается решение таких задач, как повышение производительности труда в 2 раза на объектах аграрного сектора, сокращение удельных затрат. Для всего этого требуется повысить надежность систем электроснабжения, обеспечить стабильную и бесперебойную работу оборудования.

В настоящий момент существует ряд проблем: устаревшее оборудование, отнесение аграрного сектора ко всем 3 категориям надежности электроснабжения. Все это влияет на решение поставленных задач проекта, поэтому рассматриваются возможные решения. Это осуществление резервирования, использование независимых источников энергии, таких как солнечные батареи, ветрогенераторы, дизельные установки.

Для того чтобы решить все проблемы в полной мере, необходимо проводить тщательные исследования, целью которых будет являться подбор оптимального оборудования и повышение надежности систем электроснабжения [9].

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Министерство Сельского Хозяйства Российской Федерации. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство».
2. Subbotin, A., Melkumyan, A., Khuriev, V. Organization of technological approach to the design of engineering systems using BIM-Technologies // E3S Web of Conferences. 2019. С 3-4.
3. Воробьев В.А., В.В. Калинин В.В., Колчинский Ю.Л. Механизация и автоматизация сельского производства // М.: КолосС, 2013. С. 143-158.
4. Лещинская Т.Б., Наумов И.В. Электроснабжение сельского хозяйства // М.: БИБКМ, ТРАНСЛОГ, 2015. С. 36-42;
5. Будзко И.А., Лещинская Т.Б., Сукманов В.И. Электроснабжение сельского хозяйства // Издание «Колос». Москва. 2000. С. 15-19.
6. Кашкаров А.П. Ветрогенераторы, Солнечные батареи и другие полезные конструкции // М.: ДМК Пресс, 2011. С. 14-16;

7. Оташехов Д.И. Дизель-генераторная установка. Диагностика. Ремонт. Техобслуживание // Издательские решения. 2018. С.16-19.
8. Родионов В.Г. Энергетика: Проблемы настоящего и возможности будущего // ЭНАС. Москва. 2010. С. 157-181.
9. Коваленко Н.Я. Экономика сельского хозяйства: учебник для СПО // М.: Издательство Юрайт, 2018. С.304-310.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ЗДАНИЯ И ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА**

**Достовалова А.Е.**

Студентка 4 курса 10 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: Морозенко А.А.**

Доктор технических наук, заведующий кафедрой СОТАЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В данной статье обсуждаются вопросы, связанные с эффективностью использования тепловых насосов. Приводятся минусы основных источников отопления и водоснабжения городов, используемых на сегодняшний день. Описывается принцип действия тепловых насосов, основанный на передаче тепла через хладагент. Тепловые насосы в зарубежных странах используются уже достаточно длительный срок в качестве элемента системы теплоснабжения. В России же существуют условия для внедрения данной системы, однако опыт использования пока мал. Рассматривается опыт применения тепловых насосов в зарубежных странах, а также возможности их внедрения на территории России. Также освещаются минусы и случаи, когда невыгодно использовать системы с тепловыми насосами, такие как экономическая неэффективность и влияние климатических условий региона в целом. Приведены виды тепловых насосов.

**Ключевые слова:** тепловой насос, системы отопления, энергоэффективность, хладагент

### **ВВЕДЕНИЕ**

Как известно, одной из актуальных на сегодняшний день проблем считается поиск альтернативных технологий для выработки электроэнергии. Основными критериями для таких технологий считаются неисчерпаемость, безопасность для окружающей среды, а также безотходность. Для этого применяются такие источники энергии, как солнце, ветер, вода, теплота, содержащаяся в воздухе, воде или геотермальных источниках.

Тепловые насосы являются перспективно развивающимся направлением. К сожалению, для России характерно медленное продвижение энергоэффективных технологий в строительстве, энергетике и других отраслях промышленности, а отсутствие практического опыта не способствует внедрению технологий в массовое применение [1]. Необходимо ещё на

этапе разработки проектов рассматривать вопросы экономичного расходования энергоресурсов. Тепловые насосы представляют собой технологию повышенной энергоэффективности и способствуют частичному вытеснению органического топлива. Установка теплового насоса осуществляется в срок от нескольких дней до одного месяца и не требует согласований.

Тепловой насос – это компактная и экологически чистая система отопления, позволяющая получать тепло для отопления и горячего водоснабжения. При этом задействуются энергосберегающие технологии, основывающиеся на тепле низкопотенциальных источников. Суть работы тепловых насосов заключается в переносе энергии от менее нагретого тела к более нагретому, увеличивая температуру последнего. Перенос тепла происходит за счёт использования хладагента, который под воздействием подводимой теплоты испаряется в камере с низким давлением и температурой. Осуществляется принудительное повышение температуры и давления в компрессоре, которые способствуют дальнейшей отдаче полученного тепла хладагентом. После происходит его конденсация в камере с высоким давлением и температурой [2]. Отношение количества перенесенной тепловой энергии к затраченной электроэнергии привода компрессора называют коэффициентом преобразования энергии теплового насоса.

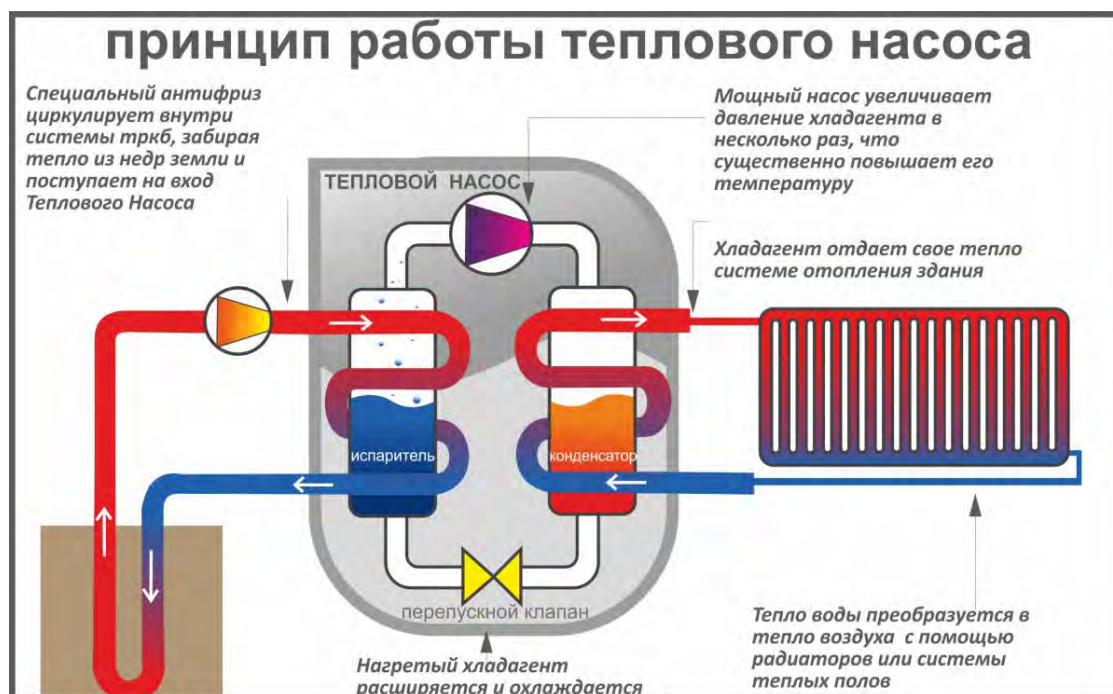


Рис. 1. Принцип работы теплового насоса.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Швеция и США считаются лидерами по установке тепловых насосов. Также большое их количество применяется в Японии, Швейцарии, Германии [3]. Принимаемые законодательства в сфере энергоэффективности и экологии, а также рост цен на энергию во многом способствуют широкому распространению тепловых насосов.

Основным источником теплоты с низким потенциалом в Швеции служат очищенные сточные воды, морская вода и сбросная вода промышленных предприятий. В Германии широко распространены тепловые насосы с электроприводом, кроме того, применяются насосы с приводом от дизельных и газовых двигателей [4]. В России обеспечены условия для внедрения тепловых насосов, однако опыт их использования пока мал. Опыт зарубежных стран со сходными климатическими условиями, такими как Финляндия, Германия и др. доказывает целесообразность применения тепловых насосов в условиях Северо-Западного региона нашей страны [5].

В соответствии с Федеральным законом от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. От 02.07.2013) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и приказом № 61 «Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» необходимо увеличение использования возобновляемых источников энергии и вторичных энергетических ресурсов. Предлагаются следующие мероприятия:

- 1) Содействовать в увеличении производства электроэнергии, использующей в своей основе источники энергии, которые могут быть возобновлены; способствовать развитию строительства малых гидроэлектростанций, а также геотермальных источников энергии в местах, где их использование возможно;
- 2) Для оптимизации установленной мощности тепловых электростанций и котельных задействовать тепловые насосы;
- 3) Тепловую энергию, накапливаемую за счет атмосферного или вторично используемого воздуха, а также приповерхностного грунта, использовать для горячего водоснабжения и отопления домов и производственных объектов с помощью тепловых насосов и теплонасосных станций.

По источнику тепла насосы подразделяются на:

- 1) Геотермальные, использующие тепло земли, подземных или наземных вод:
  - 1.1) Замкнутые горизонтальные. Эффективно применять для жилых объектов с большим запасом площади земли под контур;
  - 1.2) Замкнутые вертикальные. Применяется в случаях, когда контур невозможно разместить горизонтально;

- 1.3) Водные. В данном случае коллектор располагается извилисто в водоёме;
- 1.4) Открытого типа. Реализуется лишь в случаях наличия достаточного количества чистой воды.

2) Воздушные, использующие воздух, как источник отбора тепла.

Выбор источника тепловой энергии сильно зависит от климатических условий. Существует возможность отбора тепла от горной породы. Контур с антифризом погружают в скважину, которая потом заполняется грунтовыми водами. После этого происходит передача тепла от камня к теплоносителю [6]. Время окупаемости такого способа приблизительно 10-15 лет, в случае малого расхода энергии. Способ отбора тепла от грунта особенно распространен в скандинавских странах. Зависимость таких установок от погоды минимальна, поэтому они считаются самыми эффективными, однако, и самыми дорогими [7].

Когда тепла из внешнего контура оказывается недостаточно для отопления в сильные морозы, насосы эксплуатируются в паре с дополнительными генераторами тепла.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования эффективности использования тепловых насосов рассматриваются 10 городов из разных природных и климатических зон.

**Табл. 1.** Эффективность некоторых тепловых насосов.

Производитель	Модель	Эффективность
NIBE	1145-12	5.1
OCHSNER	GMSW 10 plus S	5.1
NIBE	1140-6	5.0
HELIOTHERM	HP16S18W-M-WEB	4.9
WATERKOTTE	Ai1+509.3	4.9
OCHSNER	GMSW 10 plus	4.8
WEIDER	SW 90	4.7

Основным критерием оценки выступила эффективность теплового насоса согласно современным европейским стандартам EN14511 и EN255 [7]. Максимальное значение коэффициента полезного действия составляет 5.1.

Касательно географической особенности установки насосов, на юге Европейской части России выгоднее использовать «воздушные» теплонасосы, а в районах, где зимняя температура часто имеет значение ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ , эффективнее использовать «грунтовые» теплонасосы.

**Табл. 2.** Глубина промерзания грунта.

Город	Глубина промерзания грунта, м		
	Суглинки и глины	Песок мелкий, супесь	Песок крупный
Красноярск	1.75	2.13	2.28
Пенза	1.33	1.61	1.73
Нижний Новгород	1.45	1.77	1.89
Хабаровск	1.9	2.32	2.48
Якутск	3.05	3.71	3.97
Екатеринбург	1.51	1.91	2.05
Волгоград	0.98	1.2	1.28
Москва	1.11	1.34	1.44
Калининград	0.48	0.59	0.63
Краснодар	0.11	0.13	0.14

Тепловой насос с грунтовым коллектором можно применять только в случае, если температура грунта на уровне прокладки не опускается ниже 0°C, даже в зимний период времени. Так в 6 городах (Пенза, Н. Новгород, Волгоград, Москва, Калининград, Краснодар) есть возможность прокладывать горизонтальный грунтовый теплообменник на глубине 1,6 м. В Якутске же глубина промерзания почвы превышает 3,2 м, что делает нецелесообразным применение установки с горизонтальным коллектором.

**Табл. 3.** Сравнение стоимости отопления для помещения 100 кв.м.

Город	ГСОП	Электричество		Тепловой насос	
		Стоимость 1кВт·ч тепла, руб.	Стоимость за отопительный сезон, руб	Стоимость 1кВт·ч тепла, руб.	Стоимость за отопительный сезон, руб
Красноярск	6341	2.58	30315	0.52	6110
Пенза	5072	3.51	36153	0.7	7210
Нижний Новгород	5182	3.71	40439	0.74	8066



Хабаровск	6475	4.55	46637	0.91	9327
Якутск	10394	6.19	86969	1.24	17422
Екатеринбург	5980	4.08	46512	0.82	9348
Волгоград	3952	4.32	39312	0.86	7826
Москва	4943	5.7	60705	1.14	12141
Калининград	3648	4.2	40950	0.84	8190
Краснодар	2682	4.81	36556	0.96	7296

Нужно учитывать, что для установки теплонасосного оборудования требуются высокие начальные удельные капитальные вложения, включающие стоимость основного оборудования, его монтажа и наладку. Для грунтовых теплонасосов требуются дополнительные затраты на буровые работы, которые также являются дорогостоящими. Тепловой насос с горизонтальным коллектором является более экономичным решением. Однако под горизонтальный коллектор необходим свободный земельный участок, на котором в дальнейшем нельзя возводить постройки, сажать деревья, так как раскладка такого коллектора осуществляется на глубине от 1 до 3 м.

## **ВЫВОДЫ**

Выбор источника тепловой энергии сильно зависит от климатических условий. Исходя из проведенного исследования можно сделать вывод, что в городах, расположенных на юге Европейской части России (Краснодар, Волгоград) выгодно использовать «воздушные» ТН, в северной части страны (Якутск, Хабаровск, Красноярск) применимы «геотермальные» ТН. Однако в случае, если глубина промерзания грунта превышает 3 м (Якутск) установка ТН становится невыгодной из-за высоких начальных капитальных вложений. Для городов центральной (Москва, Пенза, Нижний Новгород) и западной (Калининград) Европейской части страны возможна установка «геотермальных» ТН. Самые эффективные теплонасосы позволяют снизить затраты на отопление в 5 раз. В этих условиях обеспечивается значительная экономия топлива.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Лунаева С.К., Лепеш А.Г. Исследование эффективности функционирования теплового насоса // Техничко-технологические проблемы сервиса, 2015, №4
2. Лунаева С.К., Чистович А.С., Эмиров И.Х. К вопросу применения тепловых насосов // Техничко-технологические проблемы сервиса, 2013, №4

3. Базыль И.М., Ермолов Д.А. Тепловые насосы как альтернатива невозобновляемым источникам энергии // Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2018, №12
4. Хакимуллин Б.Р., Багаутдинов И.З. Зарубежный опыт эксплуатации тепловых насосов // Инновационная наука. 2016. №4
5. Лунаева С.К. Эффективность применения тепловых насосов // Техно-технологические проблемы сервиса, 2015, №3
6. Филенков В.М., Козина Л.Н., Бухонов Д.О., Перерва В.В., Журилкина Е.С. О перспективах использования тепловых насосов в регионах России // Вестник НГИЭИ. 2014. №12 (43)
7. Сборщиков С.Б., Субботин А.С. Кластеры, технологические платформы, еврокоды, перспективы их использования в строительстве // Техническое регулирование. Строительство, проектирование и изыскания. 2011. №5

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Ерохина Я. Ю.<sup>1</sup>, Сергиенко А. Д.<sup>1</sup>, Герасимова А. В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>студент 3 курса 5 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный консультант: А. Л. Суздалева**

д-р биол. наук, профессор кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Были проведены исследования и рассмотрены методы улучшения экологической ситуации в стране, путём вторичной переработки строительных отходов и их последующего использования в строительной индустрии, а также выполнено ознакомление с материалами, которые могут быть подвержены рециклингу, с вовлечением их в круговорот утилизации вторсырья. Найдены способы противостоять проблеме накопления и утилизации отходов.

**Ключевые слова:** переработка, утилизация, рециклинг, вторичное сырьё, строительный мусор, отходы, экологичность.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Отходы - это часть жизни человека. Они касаются всех сфер жизни. В условиях быстроразвивающихся городов и непрекращающихсястроек, вопрос утилизации строительного мусора стоит наиболее остро. Возводятся новые жилые комплексы офисные здания, торгово-развлекательные центры, и сносятся при этом старые здания. В результате образуется огромное количество строительных отходов и, естественно, стоит вопрос о том, как наиболее экологично и рационально провозвести их утилизацию.

В мире с каждым годом возрастает тенденция экологичности: люди сортируют бытовой мусор, чтобы в последствии его переработать и использовать вновь для новой продукции, уходят в прошлое использование пластиковых пакетов, теперь большое количество людей отдают предпочтение тканевым сумкам, понимая всю важность сокращения использования пластика в быту. Данная тенденция касается и строительного индустрии. Несмотря на то, что часто мусор либо вывозится на полигоны, либо сжигается, тенденция переработки отходов для вторичного использования рециклинга набирает обороты, что не только сокращает использование природных ресурсов, при производстве новой продукции, но и удешевляет

процесс возведения новых зданий. Таким образом, переработка хороша не только с точки зрения осознанного потребления ресурсов, но и экономит деньги застройщика.

Необходимо повышать общую осознанность застройщиков, чтобы в большинстве использовались вторичные материалы. Для этого обязательно нужно подключить государство, возможно необходимо повысить общую мотивацию, для таких «экологических» застройщиков путем введения снисхождений в виде пониженного налога. Можно ввести процедуру, когда застройщик может вернуть какой-то процент уплаченных налогов, при условии предоставления документов, где были бы перечислены используемые в процессе строительства вторичные материалы.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Современные методы ликвидации строительных отходов включает в себя два способа утилизации: первый – это захоронение отходов на специальных полигонах и свалках, второй – полная переработка строительных отходов с помощью специального оборудования или так называемый рециклинг. Первый метод утилизации строительных отходов на практике уже давно показал свою неэффективность, поэтому рассмотрены преимущества второго способа [1]. Проанализированы основные виды отходов, образующихся в результате процессов строительства, сноса, реставрации и реконструкции зданий. Разработаны эффективные методы и технологии управления строительными отходами [2]. Основное внимание направлено на изучение рециклинга строительного мусора [3].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Для начала разберем, что собой представляет строительный мусор. Строительным мусором называют отходы, образовавшиеся в процессе строительства или капитального ремонта, а именно битый кирпич, арматура, битый бетон, куски линолеума, теплоизоляция.

Отходы делятся на несколько категорий: твёрдый мусор, отходы в жидком состоянии, сыпучие вещества. К твердому относят любые остатки твёрдых строительных материалов, например, куски камня, кирпича, бетона, штукатурки, стекло, пластик, плитка, составляющие коммуникационной системы, такие как трубы, провода. К жидкому мусору – различные, используемые в работе вещества, такие как краски, масло, клей, лак, ацетон и другие. Сыпучие вещества включают в себя гравий, чернозем, песок, щебень, глину, грунт.

Также строительный мусор классифицируют по степени опасности (рис.1). Такая градация определяет вред, наносимый мусором природе. Самый высокий 1 класс – «чрезвычайно вредные вещества» оказывают наиболее негативное воздействие, такие отходы

могут разлагаться столетиями. Например, полимеры, химические вещества высокой активности, которые наносятся на ту же древесину для защиты от гниения или другие материалы. Самыми вредными веществами считаются обработанное масло или мазут – они должны утилизироваться специальным образом. Зачастую строительные отходы относят к 4 и 5 классу, соответственно слабо опасные и неопасные и не являются токсичными (не выделяют вредных веществ при разложении).



**Рис. 1.** Классы опасных отходов [4]

Строительный мусор необходимо правильно утилизировать. Законом запрещено выбрасывать его в мусорный бак или оставлять на лестничной площадке. Необходимо обращаться в специальные службы, которые занимаются вывозом и утилизацией отходов. В противном случае может быть наложено административное наказание в виде выплаты штрафа. Для физических лиц от 1000 до 2000 руб., для ИП 30000-50000 руб., для юридических лиц 100000-250000 руб. Юридические лица в обязательном порядке заключают договоры с организациями, которые систематически вывозят отходы со строительных площадок. Физически лица не могут самостоятельно отвезти строительный мусор на городскую свалку, так как, во-первых, нужно знать, на какую свалку нужно вывозить тот или иной мусор, а во-вторых, для этого нужно иметь специальную лицензию, поэтому необходимо договариваться с управляющей компанией, либо заказать вывоз мусора самостоятельно. Есть два варианта: либо в квартиру поднимаются грузчики и вывозят мусор, либо компания установит специальный контейнер. Стоимость вывоза мусора зависит: привлекаются ли грузчики, объем мусора и от региона. Прежде чем передать мусор перерабатывающей организации, его упаковывают в специальные мешки или контейнеры, чтобы предотвратить распространение вредных веществ, пыли и просто, чтобы не потерять случайно мусор при транспортировке [5].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наиболее выгодно перерабатывать мусор непосредственно на строительных площадках, так как вторсырье может использоваться для дальнейших нужд здесь же. Но переработку можно осуществлять только в дневное время суток, так как это очень шумный процесс, сопровождающийся выбросами опасных веществ в атмосферу, образованием пыли, что опасно для жителей. Необходимы повышенные меры по экологическому контролю. Для переработки мусора в зоне строительных площадок устанавливают специальное мобильное оборудование, которое буксируется тягачом или трактором и работает под действием сильного сжатия и одновременного кручения рабочего органа, дробя материал (рис. 2 – а). Также на строительных площадках используются самоходные дробильные установки (рис. 2, 3). Ходовое устройство – гусеничное шасси. Производительность таких установок ниже, чем у стационарных или мобильных. Но этот недостаток компенсируется вездеходностью. Такая установка может работать в труднодоступных местах, где не применимы мобильные установки. На гусеничное шасси может быть установлен любой тип перерабатывающей установки, используемый для мобильных установок, а также виброгрохоты. Виброгрохоты представляют собой фракционные сита, установленными друг под другом, под действием вибрации происходит сортировка мусора [6].

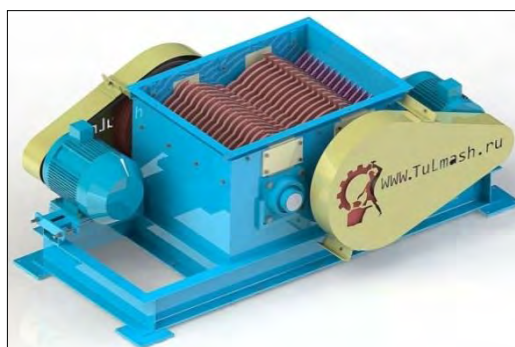


Рис. 2. Самоходная дробильная установка [7]



Рис. 3. мобильное оборудование для переработки мусора [7]

Стационарными установками располагают компании, занимающиеся переработкой строительного мусора. Производительность таких установок около 500 тонн/час и более. Принцип работы: отходы загружают в бункер, потом они попадают на транспортер, происходит ручная сортировка (рис. 4): убираются куски металла, дерева пластика. Следующий этап – дробилка молоткового типа, после из дробленной массы с помощью магнита вычлняются мелкие металлические элементы. После этого очищенная масса попадает в сортировочные сита, где происходит деление по фракциям. Конечный продукт, получаемый в стационарном оборудовании – товарный бетон, использующийся при прокладке дорог, или вторичный щебень [8].



Рис. 4. Сортировка мусора [9]

Рассмотрим отдельные виды отходов.

**Макулатура.** Согласно ГОСТу 10700-97 «Макулатура бумажная и картонная», все виды макулатуры в России подразделяются на 13 марок. При обосновании состава марок макулатуры учитываются вид продукции (бумага или картон), состав по волокну (целлюлоза, древесная масса), цвет (белый или небелый), скорость роспуска в воде и др. Не каждая марка макулатуры может использоваться для производства определенного картона и вида бумаги. Утилизация макулатуры для использования в производстве бумаги и картона осуществляется по мокрой технологии, включает следующие операции: роспуск макулатуры на волокна, очистку макулатурной массы от посторонних примесей, дороспуск макулатурной массы и её тонкую очистку. Рациональна переработка макулатуры и с точки зрения сохранения площади озеленения планеты (рис. 5). Макулатура используется в качестве вторичного сырья при производстве бумаги, кровельных, упаковочных, изоляционных и других строительных материалов [10]. Рассмотрим некоторые из них:

1. Плиты из бумажного волокна. Технология производства: роспуск макулатуры в воде, вакуумное формирование ковра, отжим и сушка последнего в прессе при температуре 150-



180°C, обрезка плит. Используются при внутренней отделке жилых, производственных и складских помещений (для облицовки стен, потолков взамен ДВП), а также для изготовления тары, задней стенки мебели, подкладки под линолеум.

Плюсы: высокая способность к аккумулярованию теплоты и повышенная теплоустойчивостью.



Рис. 5. Рациональность переработки макулатуры [11]

2. Эковата. Это рыхлый легкий изоляционный материал, внешне представляет собой серую рассыпчатую массу, изготавливаемый из газетной макулатуры путем её измельчения на волокна (80%) и смешивания с антипиренами и антисептиками (20%). Применяют в помещениях с повышенным уровнем влажности, где часто может возникнуть конденсат.

Плюсы: трудно сгораемый материал.

Минусы: невысокая прочность при сжатии, для того, чтобы устранить недостаток нужно перед процессом утепления сформировать небольшие площадки.

3. Полимерно-бумажная плитка. Технология производства: измельчение сухих отходов на кусочки размером менее 6 мм, приготовление композиции плиты, прессование и обрезка плит по периметру. Применяется для обшивки стен, перегородок жилых, производственных и складских помещений, потолков, дач, гаражей и т.п., изготовления деталей мебели

Плюсы: возможность переработки смеси отходов полимеров.

4. Кровельный картон – полотно, изготовленные из мелких переплетенных животных и растительных волокон. Материал применяется, как прокладочный элемент между основной кровлей и обрешеткой, служит основанием для производства некоторых мягких кровельных,



гидроизоляционных материалов (пергамент, рубероид и др.). Ярким представителем является пергамин – кровельный картон.

**Полимерные материалы.** Полимерная переработка является основным способом утилизации такого мусора. Вторичная эксплуатация полимерных материалов затруднена двумя факторами: загрязнением (ГОСТ 24888-81 «Пластмассы, полимеры и синтетические смолы. Химические наименования, термины и определения») и несоответствием свойств вторичного полимера исходному сырью. В строительстве чаще используется продукция из вторичных материалов на основе ПЭТФ-полимеров. ПЭТФ (полиэтилентерефталат) – термопластик, обладающий высокой прочностью, хорошей пластичностью и химической стойкостью. Материал поддается обработке фрезерованием, сверлением, пилением. Все свои характеристики ПЭТФ сохраняет и при низких (до  $-40^{\circ}\text{C}$ ), и при высоких (до  $+75^{\circ}\text{C}$ ) температурах [12].

Этапы переработки начинаются с сортировки пластикового мусора по типу, цвету, форме, размеру; затем измельчают рассортированные отходы; производят выделение первичных компонентов полимеров – мономеров; сырье моют специальными средствами и сушат в установках, доводя уровень влажности до 10-15%; подготовленный материал отправляют на грануляцию. Из полученных гранул делают изделия с использованием методов синтеза и термической обработки.

При изготовлении строительных материалов из полимеров используют стабилизирующие вещества, пассивные наполнители и армирующие волокна. Компоненты смешивают, нагревают и спрессовывают при высокой температуре и давлении, таким образом, получают материал высокой прочности с повышенным сопротивлением истиранию, низкой гигроскопичностью, тепло- и электропроводностью.

Примерами изделий из вторичного полимерного сырья являются:

- Черепица. Состоит: связующее – ПЭТФ, наполнители – зола, кварцевый песок и неорганические красители; черепица имеет дополнительные плюсы: цветовая палитра, диэлектрическая стойкость.
- Тротуарная плитка. Состоит: связующее – ПЭТФ, наполнители – стеклянный бой, гранитный гравий, песок или древесные опилки, неорганические красители.
- Стеновые панели. Состоят: связующее – ПЭТФ, наполнители – древесные опилки, отходы текстильной промышленности, неорганические красители.
- Кирпичи. Состоят: связующее – ПЭТФ, наполнители – песок, древесные опилки, неорганические красители.

**Металлические отходы.** К отходам металла относят металлические изделия и детали бытовой техники, мебели, консервные банки, изготовленные из жести, алюминия и др. металлов, отходы цветных и черных металлов. Этапы переработки: сортировка металлических отходов, отдельное складирование черного и цветного сырья, затем резка и раскрой материала. Утилизация осуществляется: термическим измельчением, взрывным дроблением, копровым дробление при помощи специального груза (пресса) [13].

Согласно ГОСТ 2787-75 «Металлы черные вторичные» отходы черных металлов применяют в конструкциях мостов и небоскребов, в жилищном строительстве, в проведении масштабных трубопроводов и автомобильной промышленности. Но черные металлы (за исключением нержавеющей стали и кованного железа) подвергаются коррозии, что требует проведения дополнительных мероприятий по ее устранению. Цветные металлы устойчивы к коррозии и применяются в производстве водопроводов, кровельных материалов, желобов.

**Стеклянные отходы.** Стеклянные отходы используются для производства изделий, в которых не имеет большого значения чистота стекла (рис. 6).

Этапы переработки: стеклом сортируется по цвету, извлекается мусор, отходы тщательно моются и дробятся [14].

Стеклобой применяется в качестве заполнителя с использованием вяжущих составляющих (цемента, извести, гипса). В результате получают бетоны различного назначения; строительные растворы для наружных и внутренних работ, тепло- и звукоизоляции, отделки, благоустройства территорий; химически стойкие бетоны.

Плюсы: биостойкость, теплопроводность, кислотостойкость.



**Рис. 6.** Переработка стеклянной продукции на примере бутылочных изделий [15]

**Резиновые отходы.** В соответствии с ГОСТ 8407-89 «Сырье вторичное резиновое. Покрышки и камеры шин. Технические условия» основными видами резиновых отходов общественного

потребления являются резиновая обувь, автомобильные шины, резинотехнические изделия. Рассматриваемый вид вторичного сырья перерабатывается в крошку на специализированных заводах, которая затем становится компонентом резиновых смесей.

Методы переработки резиновых отходов:

- физический метод (рис. 7);
- химический метод (рис.8, 9).

Способы измельчения вторичных резин:

- по температуре измельчения: при отрицательных и при положительных температурах;
- по механическому воздействию: ударом, истиранием, сжатием (со сдвигом), резанием.



Рис.7. Физический метод переработки (дробление) [16]

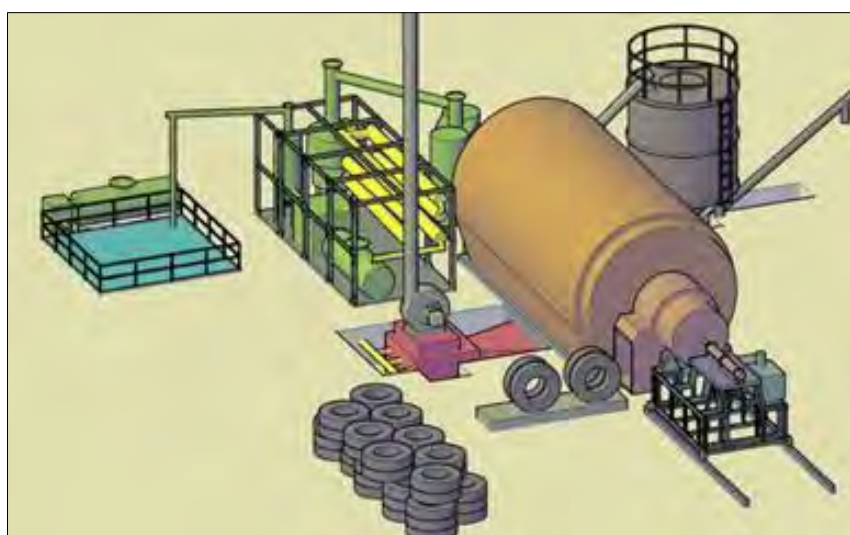
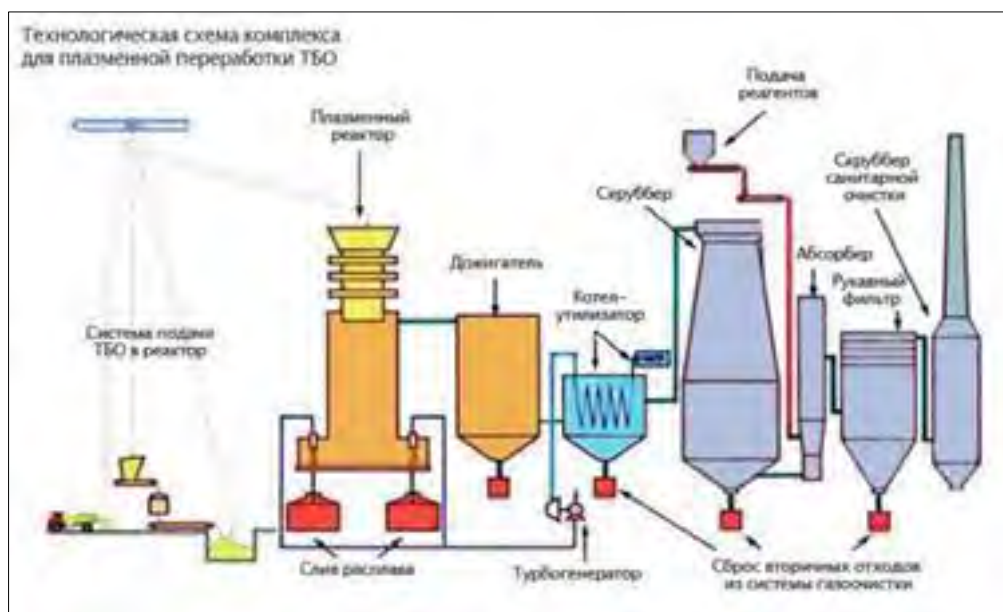


Рис.8. Химический метод переработки (пиролиз) [17]



**Рис.9.** Химический метод переработки (сжигание) [18]

Кровельные материалы на основе резиновой муки после введения специальных добавок отличаются высокими эксплуатационными свойствами. Отработанная резина, путем перевода в растворимое состояние, применяется в качестве вяжущего при производстве гидроизоляционных строительных материалов, материалов для полов, клеев, мастик и герметиков, дорожных смесей.

## ВЫВОДЫ

На основании изученных данных вторичное сырьё не уступает по свойствам первичным продуктам, являясь экологичной альтернативой. Сейчас государство является посредником в переработке отходов, продвигая рециклинг среди застройщиков.

Необходимо популяризировать идею активной переработки отходов, что положительно скажется на развитии промышленности и приведет к появлению новых рабочих мест. Дополнительное снижение налоговых вычетов со стороны государства для застройщиков, использующих вторичное сырьё, повлечет за собой не только улучшение экологической ситуации, но и приведет к экономическому росту.

Таким образом, все большую актуальность приобретают проблемы охраны окружающей среды и эффективного использования минерального сырья. Переход на безотходную технологию позволит сгладить противоречия между экономическим ростом (необходимостью все большего вовлечения ресурсов в производство) и «производительной возможностью» окружающей среды.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каунова А.С., Михайлова М.А. Современные методы утилизации строительных отходов //Электронный научный журнал. 2017. № 1-2 (16). С. 218-221.
2. Смикалин Н.С. Утилизация и переработка строительного мусора// Наука и образование сегодня. 2019. № 3 (38). С. 15-16.
3. Лукьянова А.О., Рязанова Г.Н. Анализ способов утилизации отходов при реновации жилья // В сборнике: Наука молодых - будущее России сборник научных статей 3-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 6 томах. 2018. С. 211-212
4. Классы опасных отходов [Электронный ресурс]: <https://bezotxodov.ru/wp-content/uploads/2019/04/othody-po-stepeni-opasnosti.png> (дата обращения 19.02.2020)
5. Техника для переработки строительного мусора // РЖ 19М. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. 2006. № 12.
6. Трайдакало Г.В. Оборудование для переработки твердых отходов // Твердые бытовые отходы. 2007. № 10 (16). С. 44-46.
7. Оборудование для переработки строительного мусора [Электронный ресурс]: [http://www.megastroika.biz/index/oborudovanie\\_dlja\\_pererabotki\\_stroitelnogo\\_musora\\_i\\_otkhodov/0-383](http://www.megastroika.biz/index/oborudovanie_dlja_pererabotki_stroitelnogo_musora_i_otkhodov/0-383) (дата обращения 19.02.2020)
8. Маликова Е.А. Переработка строительного мусора// В сборнике: устойчивое развитие территорий Сборник докладов II-ой Международной научно-практической конференции. 2019. С. 94-96.
9. Оборудование для переработки мусора: 4 варианта [Электронный ресурс]: <https://biznesprost.com/otkryt-biznes/oborudovanie-dlja-pererabotki-musora.html> (дата обращения 19.02.2020)
10. Макулатура [Электронный ресурс]: режим доступа:<http://dvforum.khabkrai.ru/oth/НДТ/НСТ%20макулатура.htm> (дата обращения 19.02.2020)
11. Зачем и как сдавать макулатуру [Электронный ресурс]: <https://cpreezd.ru/blog/sdavat-makulaturu/> (дата обращения 19.02.2020)
12. Переработка полимеров [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://musorish.ru/pererabotka-polimerov/> (дата обращения 19.02.2020)
13. Металлические отходы [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://vtorothody.ru/othody/lom.html>(дата обращения 19.02.2020).

14. Стекланные отходы [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://net-othodov.com/stati/utilizacija-stekla-davaite-zabotitsja-o-.html>(дата обращения 19.02.2020).
15. Технологии переработки стекланных бутылок и банок [Электронный ресурс]: <https://ecco.ru/othody/pererabotka/tehnologii-pererabotka-steklyannyh-butyllok-i-banok.html> (дата обращения 19.02.2020)
16. Технология переработки шин [Электронный ресурс]: <https://spetstrans.ru/tehnologiya-pererabotka-shin> (дата обращения 19.02.2020)
17. Особенности и преимущества пиролизной утилизации отходов [Электронный ресурс]: <https://rusolymp.ru/raznoe/osobennosti-i-preimushhestva-piroliznoj-utilizatsii-othodov> (дата обращения 19.02.2020)
18. Современные методики переработки шин для получения топлива [Электронный ресурс]: <https://instanko.ru/ruchnoj/piroliz-reziny.html> (дата обращения 19.02.2020)

## **О ВОЗМОЖНОМ ВЛИЯНИИ НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ ОПОЛЗНЕЙ, ВЫЗВАННЫХ ГРОЗОВОЙ И СЛАБОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ**

**Ерохина Я. Ю.<sup>1</sup>, Сергиенко А. Д.<sup>1</sup>, Герасимова А. В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Студент 3 курса 5 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научные консультанты: Суздалева А.Л.<sup>1</sup>, Орлова Н.А.<sup>2</sup>, Курочкина В.А.<sup>3</sup>, Прасолов А.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>д-р биол. наук, профессор кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

<sup>2</sup>Аспиранты кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

<sup>3</sup>канд. техн. наук, доцент кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Увязка климатических условий, активизации оползней и дальнейшего прогноза из-за изменяющегося климата, является сложной задачей. Репрезентативность данных может быть получена при наблюдении за развитием оползневых процессов в течение длительного срока при учете многочисленных факторов. Целью данной работы является привлечь внимание к теме влияния гроз на оползневые процессы, которые напрямую связаны с подземной частью зданий и подведёнными инженерными коммуникациями. В статье предлагается рассмотреть возможность еще одного явления, сопровождающего осадки – молнии, которая является мощным источником звуковой волны, энергия, освобождающаяся в разряде молнии в виде ударной волны, создаваемой расширением канала, существенно больше энергии электромагнитного излучения.

**Ключевые слова:** здания и сооружения, оползни, источники механических возмущений, грозы, сейсмическая активность

### **ВВЕДЕНИЕ**

Инженерная защита территорий, зданий и сооружений – комплекс сооружений и мероприятий, направленных на предупреждение отрицательного воздействия опасных геологических, экологических и других процессов на территорию, здания и сооружения, а также защиту от их последствий (СП 116.13330.2012). В статье рассмотрены оползни, как опасный геологический процесс, который может быть усугублен грозовой и сейсмической активностью.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Вызванные громом вибрации во время грозы, возможно, могут стать дополнительным триггерным фактором, и создать дополнительные условия, способные повлиять на оползневые процессы, но также существует вероятность, что молния не создает возмущения в грунте и не приводит к изменению эффективных напряжений. Небольшой обзор литературы позволил найти некоторые работы, в которых были предприняты попытки понять природу молнии и определить степень воздействия на горные породы и рельеф местности.

В работах [1] показано, что во время осадков, сопровождаемых молнией уровень шума резко возрастает, также зарегистрирован отклик акустической эмиссии продолжительностью 10 с в диапазоне частот 6.5 - 11 кГц. Во время грозы с каждым ударом молнии исходит заряд 20-30 Кл. Наблюдается резкое падение величины градиента потенциала напряженности электрического поля в воздухе на высоте 3 м с 80 В/м до минус 21 В/м. Затем поле восстанавливает свой уровень до значения 70 В/м с характерным временем 17 с. Некоторыми исследователями установлено, что удар молнии не только разрушает некоторые горные породы, или создает новые, такие как фульгурит, но и способен преобразовывать рельеф, формируя трещины на вершинах холмов или гор. В том числе установлено, что при ударе в цель, например, скалу, температура может нагреться до 1726,85 °С за несколько секунд, общая энергия удара оценивается в 109-1010 Дж. В результате эксперимента было получено, что глубина проникновения в гранитный массив составляет в среднем 11 см, далее температура уменьшается. В песчаном образце, где 40% пространства благодаря пористости – воздух, нагревание породы происходит на меньшую глубину.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оползни – это смещение горных пород со склонов, бортов карьеров, строительных выемок под действием веса грунта и объемных и поверхностных сил (рис.1).

Различают: оползни скольжения, оползни выдавливания, вязкопластические оползни, оползни внезапного разжижения, оползни гидродинамического разрушения (СП 116.13330.2012). При возведении зданий и сооружений в сейсмических районах, в районах с особыми грунтовыми свойствами, где возможно возникновение опасных процессов необходима инженерная защита. Типовыми решениями инженерной защиты от оползневых и обвальных процессов являются:

1. изменение рельефа склона в целях повышения его устойчивости;
2. для береговых склонов - защита от подмыва устройством берегозащитных сооружений;



3. регулирование стока поверхностных вод с помощью вертикальной планировки территории и устройства системы поверхностного водоотвода;
4. предотвращение инфильтрации воды в грунт и эрозионных процессов;
5. искусственное понижение уровня подземных вод;
6. агролесомелиорация;
7. закрепление грунтов (в том числе армированием);
8. устройство удерживающих сооружений и конструкций;
9. прочие мероприятия (регулирование тепловых процессов с помощью теплозащитных устройств и покрытий, защита от вредного влияния процессов промерзания и оттаивания, установление охранных зон и т.д.).



**Рис. 1.** Оползень рядом с г.Куско, Перу, 2018

Также воздействие грунтового массива на основание здания учитывается при расчетах. Противооползневые и противообвальные сооружения и их конструкции проектируются по методу предельных состояний.

При этом расчеты производятся по двум группам предельных состояний, которые включают:

1. Первая (полная непригодность сооружения к дальнейшей эксплуатации):

– расчеты общей прочности и устойчивости системы сооружение - грунтовый массив (откос, склон);

– расчеты прочности и устойчивости отдельных элементов сооружения, разрушение которых приводит к прекращению эксплуатации сооружения;

– расчеты перемещений сооружений и конструкций, от которых зависит прочность или устойчивость сооружения в целом, а также прочность или устойчивость объектов на защищаемой территории и др.;

2. Вторая (непригодность к нормальной эксплуатации):

– расчет оснований, откосов, склонов и элементов конструкции, разрушение которых не приводит все сооружение в непригодное состояние, на местную прочность;

– расчеты по ограничению перемещений и деформаций сооружений, прилегающих территорий и объектов на них расположенных;

– расчеты по образованию или раскрытию трещин и строительных швов.

Расчет противооползневых и противообвальных сооружений, проектируемых откосов и склонов проводится исходя из условия (формула 5.1 СП 116.13330.2012):

$$\Psi \cdot F \leq R \cdot (\gamma_d / \gamma_n) \quad (1)$$

где  $F$ — расчетное значение обобщенного силового воздействия на сооружение или его конструктивные элементы (сила, момент, напряжение), определяемое в соответствии с СП 20.13330, деформации (смещения) или другие параметры, по которым производится оценка предельного состояния;

$\Psi$  — коэффициент сочетания нагрузок, отвечающий и за особые нагрузки, возникающие с определённой вероятностью:  $\psi=0,95$  для особого сочетания нагрузок, в том числе сейсмической нагрузки на уровне проектного землетрясения (ПЗ) годовой вероятностью 0,01 и  $\psi=0,9$  для прочих нагрузок годовой вероятностью 0,001 и максимального уровня расчетного землетрясения (МРЗ).

$R$  — расчетное значение обобщенной несущей способности, прочности, деформации (смещения) или другого параметра, устанавливаемого соответствующими нормами проектирования в зависимости от типа конструкции и используемых материалов с учетом коэффициентов надежности по материалу  $\gamma_m$  и (или) грунту  $\gamma_g$

$\gamma_d$  — коэффициент условий работы, учитывающий характер воздействий, возможность изменения свойств материалов со временем, степень точности исходных данных, приближенность расчетных схем, тип сооружения, конструкции или основания, вид материала и другие факторы

$\gamma_c$ — коэффициент условий работы, учитывающий условия грунта

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обычно считают [2], что причиной активизации оползней, кроме сейсмичности, являются климатические условия местности. При наблюдениях за активизацией среди

оползней в различных местах мира триггерным фактором довольно часто становится высокое количество осадков. Подобная зависимость особенно хорошо прослеживается для стран Восточной, Южной, Юго-Восточной Азии, Южной и Центральной Америки.

В нашей стране исследования показали четкую зависимость для горных условий (например, Кавказ, Крым), и в меньшей степени для платформенных, для которых характерны многокомпонентность климатических факторов (рис. 2).

Увязка климатических условий, активизации оползней и дальнейшего прогноза из-за изменяющегося климата, является сложной задачей. Репрезентативность данных может быть получена при наблюдении за развитием оползневых процессов в течение длительного срока при учете многочисленных факторов.



**Рис.2.** Оползневые процессы в горах

Авторами статьи предлагается рассмотреть возможность еще одного явления, сопровождающего осадки – молнии, которая является мощным источником звуковой волны, энергия, освобождающаяся в разряде молнии в виде ударной волны, создаваемой расширением канала, существенно больше энергии электромагнитного излучения [3]. Молния довольно распространённое и достаточно опасное явление (рис. 3).





**Рис.3.** Молния

Для защиты зданий от пожара, предупреждения сбоя работы инженерных сетей обустраивают молниезащиту, при устройстве которой учитывают высоту сооружения. Важно понимать, чем помимо вышеперечисленного грозит попадание молнии в здание (рис.4).



**Рис.4.** Молния является мощным источником энергии

Разделяют первичное и вторичное воздействие молнии. Первичное представляет собой непосредственное попадание молнии в здание, она может прожечь кровлю.

Опасность заключается в том, что молния, проходя через здание, является причиной выделения большого количества тепла, оно прямо пропорционально зависит от сопротивления материала (рис. 5). Выделение большого количества тепла может привести к пожару.



**Рис. 5.** Молния является причиной выделения большого количества тепла

Вторичное воздействие - возникновение больших напряжений в металлических элементах: трубопроводах, электрических кабелях (рис. 6).

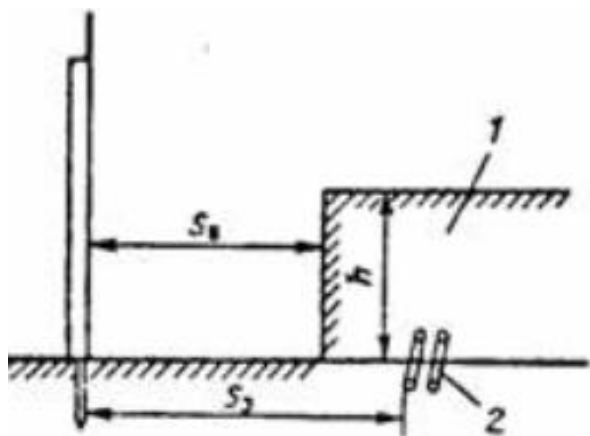


**Рис.6.** Молния ударяет в Эйфелеву башню, фотография 1902 г. [4]

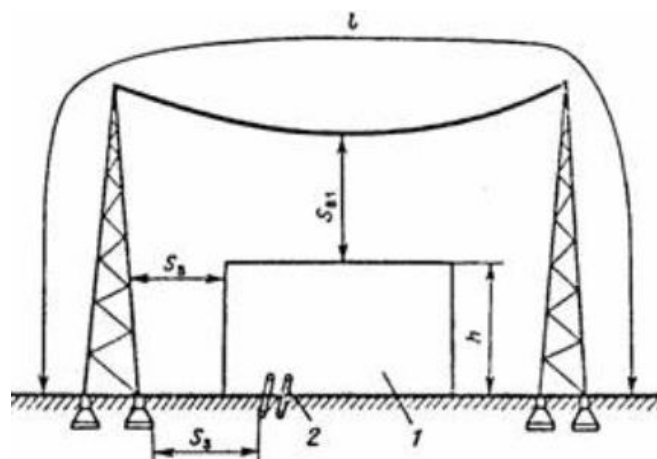
Большие напряжения влекут за собой появление искры, которая в свою очередь может привести к возгоранию, также возможно нагревание электропроводки [5], что может привести к порче электроприборов (табл. 1).

Для предотвращения таких воздействий прибегают к молниеотводу (рис. 7), он берет на себя удар молнии и отводит электрический заряд в землю, который проходя по специальному оборудованию, минует внутреннюю часть здания, не причиняя ему вреда. Система молниеотвода представляет собой высокий штырь (рис. 8), он устанавливается в самой верхней точке здания, выполняется из металла с высокой электропроводностью, а также

стойкого к коррозии. К молниеприемнику присоединяется токоотвод, по нему заряд переходит в заземление.



**Рис. 7.** Отдельно стоящий стержневой молниеотвод: 1 - защищаемый объект; 2 - металлические коммуникации



**Рис. 8.** Отдельно стоящий тросовый молниеотвод

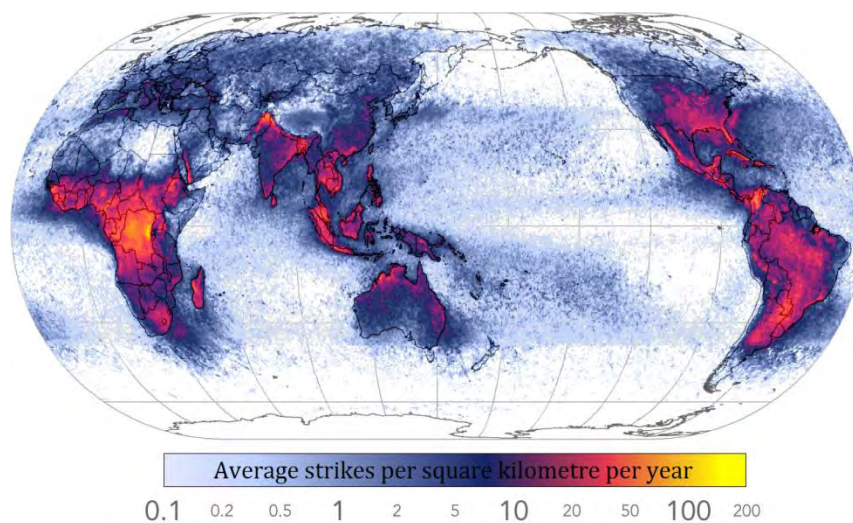
Токоотвод представляется собой изолированную металлическую проводку. Здесь важно заметить, что длина токоотвода должна быть минимальной. Заземление - металлический проводник, вкопанный в землю - заключительный элемент громоотвода.

Так для оценки устойчивости склонов при влиянии на них гроз инженерно-геологические изыскания следует проводить, на всей площади опасного (потенциально опасного) участка и прилегающих к верхней бровке и подошве зон (до предполагаемой границы устойчивой части склона), а для береговых склонов — с обязательным охватом их подводных частей, в том числе в случаях, когда территория проектируемого объекта занимает только часть склона. Лабораторные исследования грунтов для изучения оползневых процессов следует проводить, в основном, на образцах, отобранных из грунтов основного деформируемого горизонта.

Оценка риска по всему миру требует наличия высококачественных и точных баз данных по оползневым проявлениям (рис.9), необходима оценка по определению степени воздействия, масштабов проявления и влияния на хозяйственную деятельность человека. Анализ пространственного распределения оползней показывает, что формирование оползней крайне неоднородно: доминирующей областью на сегодняшний день является Азия [2]. В то же время, концентрация оползней наблюдается в густонаселенных городских центрах [6, 7, 8], вдоль дорог [9] и на участках, богатых природными ресурсами. Оползни в центральной части России формируются в четвертичных приповерхностных отложениях, захватывая глубину 5 м

(мелкие оползни согласно СП 420.1325800.2018), поэтому влияние осадков и представляется наиболее очевидным.

Вплоть до последнего времени изучение воздействия гроз на возникновение и развитие оползней не проводилось.



**Рис.9.** Частота молний на квадратный километр в год по данным спутникового наблюдения за 1995—2003 годы [4]

Согласно традиционным представлениям последнее оказывает значительно большее воздействие, что вкуче с чисто техническими трудностями задвигало изучение гроз как потенциальных триггеров оползневого процесса на второй план.

Однако за счёт появления новых волоконно-оптических систем контроля за оползневыми деформациями, работающими за счёт изменения времени прохождения электромагнитных волн при изгибе волокна, стало возможно регулирование частоты воздействия от удара молнии [10].

Так, для оползня Магуриси в Южных Карпатах (Румыния) в дни гроз с выпадением атмосферных осадков более 20 мм средние общие смещения оползня вследствие осадков составляли 5-6 мм/сут, в то время как разность смещений между двумя системами, вызываемое грозами, достигало 1 мм/сут [10], что уже является достаточно значимой величиной, которое следует учитывать при инструментальном мониторинге крупных оползневых склонов. Вторым фактором, возможно влияющим на активность платформенных оползней, является удаленные землетрясения большой магнитуды. Для московского региона – это, прежде всего, землетрясения в зоне Вранча [11]. Для этих воздействий характерна низкая частота и большая длительность.



Для поверхностных оползней важным фактором является снижение прочности грунтов при увлажнении (даже в зоне аэрации), для оплывин – при таянии сезонно-мёрзлого слоя и последующим увеличением плотности грунтов. Тем не менее, связь с подземными водами, как правило, не прослеживается. Это может быть связано с влиянием солнечной активности на погодные условия. Каналы этой связи активно изучаются [12].

В качестве примера возникновения сейсмогенного оползня в районах малой сейсмичности можно привести случай в Катав-Ивановске (Челябинская область) в сентябре 2018 года, когда после сейсмических толчков в 6 и 5 баллов образовался вязкопластический оползень, протяжённость которого составила 760 м, ширина 40-80 м, глубина захвата пород оползнем 4-6 м [13]. Предположительно он был вызван землетрясением (афтершоком) интенсивностью в 5 баллов 26.09.2018 после основного толчка в 6 баллов с эпицентром в 5 км от города (рис. 3).



**Рис.9.** Оползень, Катав-Ивановске (Челябинская область), 2018 г.

При этом по картам ОСР-2015, Катав-Ивановск имеет сейсмичность в 5 баллов по картам А, В и 6 баллов по картам С (такая же сейсмичность от возможных землетрясений на Урале доходит до восточной части Московской области в городах Шатура и Рошаль).

Показанный пример показывает необходимость более детального изучения дополнительных факторов и источников механического воздействия на образование оползней. Это позволит более точно определять их воздействие на инженерные сооружения и оценить оползневой риск.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миронов С.Э., Марапулец Ю.В. Воздействие одиночного молниевых разряда на напряженность электрического поля воздуха и акустическую



- эмиссию приповерхностных пород, Сборник трудов конференции «Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений» стр.201-204, 2010 г.
2. Froude Melanie J. and Petley David N. Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 18, 2161–2181. 2018. [Электронный ресурс]: <https://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/18/2161/2018/> (дата обращения: 16.04.2020)
  3. Петров Н.И, Сисаян Н.И. Излучение молниевых разрядов. Компьютерная оптика, с.65-75. 1993 г. [Электронный ресурс]: <https://readera.org/izluchenie-molnievogo-razrjada-14058283> (дата обращения: 16.04.2020)
  4. Молния. [Электронный ресурс]: <https://zen.yandex.ru/media/id/5b0ffc175a104f9075bad29f/molniia-elfy-djety-spraity-5b756dec6d25be00a8d0a620> (дата обращения: 16.04.2020)
  5. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.
  6. Alexander, D.: Urban landslides, *Prog. Phys. Geog.-Earth and Environment*, 13, 157–189, <https://doi.org/10.1177/030913338901300201>, 1989.
  7. Anderson, M. B.: Metropolitan areas and disaster vulnerability: a consideration for developing countries, in: *Environmental Management and Urban Vulnerability*, edited by: Kreimer, A. and Munasinghe, M., World Bank discussion paper #18, World Bank, Washington DC, 1992.
  8. Petley, D.: Global patterns of loss of life from landslides, *Geology*, 40, 927–930, <https://doi.org/10.1130/G33217.1>, 2012.
  9. Hearn, G. J. (Ed.): *Slope Engineering for Mountain Roads*. Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications, 24. 2011. No. of pages: xiii + 301 ISBN 978-1-86239-331-8
  10. Constantin M., Fujisawa K., Ishida K., Higuchi K., Vlaicu M., Jurchescu M.-C. Digital, automated and optical fiber systems used in displacement measurements of landslides in Romania // *Environmental Engineering and Management Journal*. 2013. V. 12. P. 2427-2434.
  11. Павленко О.В. Акселерограммы сценарного землетрясения в г. Москва в пунктах с различными грунтовыми условиями // *Вопросы инженерной сейсмологии*. 2017. № 4. С. 5-28.
  12. Roble, R.G. (1985), On solar-terrestrial relationships in atmospheric electricity, *J. Geophys. Res.*, 90(D4), 6000–6012, doi:10.1029/JD090iD04p06000.
  13. Спектор С.В., Вожик А.А. Информационная сводка о проявлениях экзогенных геологических процессов на территории Российской Федерации за III квартал 2018 г. М.: Гидроспецгеология, 2018. 159 с.

## ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

**Зеленов В. В.**

Студент 3 курса 11 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научные консультанты: Курочкина В. А.<sup>1</sup>, Суздалева А. Л.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>канд. техн. наук, доцент кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

<sup>2</sup>д-р биол. наук, профессор кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Во всем мире возникает рост мусорных полигонов. Ежедневно в мире образуется не менее 3,5 млн. тонн твердых бытовых отходов, что, по данным Всемирного банка, в 10 раз больше, чем век назад. Страны всего мира уже принимают решения этого вопроса. Тема отходов очень характера для нынешнего столетия, в связи с ростом промышленности, торговли, потребления. Уже доказано, что, если не начать решения проблемы с мусором сейчас, дальше эта проблема будет только усугубляться. Предлагается найти выход из сложившейся ситуации. Поскольку в России культура правильного обращения с мусором только зарождается, то от того как мы научимся сортировать отходы зависит будущее не только нашей страны, но и всего мира.

**Ключевые слова:** мусорные полигоны; твердые коммунальные отходы; обращение с отходами; окружающая среда; социологический опрос.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Отходы, которые не подлежат сортировки или те, которые подлежат, но все равно отправляются на захоронение в полигонах, представляют собой угрозу для окружающей среды, т.к. они плохо влияют не только на почву, грунтовые воды и прилегающие водные объекты, но и на воздух. По статистике в России на захоронение идет 93-95% коммунальных отходов и учитывая, что в год россиянин создает 400 кг бытового мусора, свалки ежегодно пополняются на 0,4 млн гектаров, что равняется суммарно площадям Москвы и Петербурга. Кроме того, с ростом потребления количество мусора увеличивается, а на мусоросортировочной линии в среднем можно извлечь только 10% вторичного сырья, потому что отходы оказываются слишком загрязнёнными [1].

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Как уже говорилось, в России осложнена ситуация с мусором. На то есть свои причины. Согласно [2,3] к таким причинам относятся:

- большая территория страны,
- значительные запасы минерально-сырьевых ресурсов, о
- отсутствие высокоэффективных технологий для утилизации и переработки отходов,
- отсутствие инфраструктуры по отдельному сбору и обработке отходов,
- отсутствие конкуренции на рынке утилизации и переработке отходов.

Проблемы обращения с бытовыми отходами напрямую связаны с деятельностью каждого отдельного человека. Сегодня существует следующие способы утилизации отходов: захоронение или складирование, сжигание и переработка. Наиболее предпочтительным является переработка отходов, т.к. первые два способа так или иначе негативно влияют на природу [4].

В Швеции объем мусора, отправляемого на свалки, составляет менее 1%. У нас в России все наоборот: менее 1% является перерабатываемыми отходами. Шведы начали сортировать мусор позже других европейских стран - только в конце 90-х годов. При этом, в отличие от нашей страны (у нас отдельный сбор мусора пытаются внедрить уже много лет, и он никак не может выйти за рамки «эксперимента»), они очень быстро привыкли к новой системе и добились высоких результатов [5]. Архитекторы при проектировании домов или дизайнеры при составлении плана квартир уже заранее предусматривают место для серии разноцветных контейнеров под 11 видов мусора (органические отходы, бумага, пластик, бумажная упаковка, пластиковая упаковка, прозрачное стекло, цветное стекло, крупногабаритный мусор, электроника, опасные отходы, остальной мусор). Во дворах стоят контейнеры для приема бумаги, стекла, металла, пластика, остатков пищи и не перерабатываемых отходов. Чтобы упростить сбор опасного мусора в Швеции придумали специальные автоматы по приему мелких вредных отходов [6].

Шведы ответственно относятся к сортировке, во-первых, потому что за неправильную сортировку грозят немалые штрафы, а во-вторых, потому что шведов с ранних лет приучают выбрасывать мусор правильно.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В сравнение с такой страной, как Швеция, можно смело заявить, что Россия сильно отстаёт в рациональной утилизации бытовых отходов.

В нашей стране с 2020 года введена система с двумя контейнерами (рис. 1): синий для «чистого» и «сухого» мусора, серый для смешанных отходов [7]. В Москве с декабря 2019 года появился пункт приема 39 фракций мусора «ЭкоСборка». Также есть оранжевый контейнер для опасных отходов - батареек, ламп и др. В магазинах Лента, ВкусВилл уже существуют пункты приема опасных отходов.



**Рис. 1.** Сортировка мусора

Гендиректор «Российского экологического оператора» Илья Гудков не поддержал введения в России штрафов для населения: «Вы говорите про штраф, но ведь есть и инструменты стимулирования. Самый простой: если сортируешь мусор, то и платишь меньше. Это понятный стимул, который уже внедрён в ряде регионов». В соответствии с Кодексом Российской Федерации об административных правонарушениях (статья 8.2).несоблюдение требований в области охраны окружающей среды при размещении отходов производства и потребления, (за исключением случаев, предусмотренных в п. 8.2.3) влечет наложение административного штрафа на граждан в размере от трех тысяч до пяти тысяч рублей; на должностных лиц - от двадцати тысяч до сорока тысяч рублей; на лиц, осуществляющих предпринимательскую деятельность без образования юридического лица, - от сорока тысяч до пятидесяти тысяч рублей или административное приостановление деятельности на срок до девяноста суток; на юридических лиц - от трехсот тысяч до четырехсот тысяч рублей или административное приостановление деятельности на срок до девяноста суток [8]. Почему же Россия отстаёт по утилизации от передовых стран. Для того чтобы ответить на этот вопрос, необходим анализ действующий нормативной документации и посмотреть, насколько наше государство готово уделять данной проблеме внимание.

Кроме того, проблема обращения с отходами напрямую связана с готовностью каждого конкретного человека принять участие в решении этой проблемы.

Для этого был проведён социологический опрос, который состоял из 12 вопросов. Список приведён ниже. Опрос проводился среди возрастной группы от 18 лет до 30 лет (таблица 1).

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Рассмотрим подробно каждую из составляющих этой проблемы. Как мы уже говорили выше, эта проблема должна решаться на государственном уровне.

На 2019 год в России работает около 50 мусороперерабатывающих комплексов. Планируется к 2024 году достичь отметки в 60% сортировки мусора.

В целях снижения негативного воздействия от деятельности промышленных компаний на экологию, в рамках федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология» в 12 крупных промышленных центрах России проводится эксперимент по квотированию выбросов загрязняющих веществ. В городах Братск, Красноярск, Липецк, Магнитогорск, Медногорск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Норильск, Омск, Челябинск, Череповец и Чита создается федеральная государственная информационная система мониторинга качества атмосферного воздуха. Информационная система обеспечит органы государственной власти, организации и населения информацией о качестве воздуха, даст комплексную оценку и прогноз его состояния, а также позволит оценить вредное воздействие факторов среды обитания на человека.

В 2019 году Минприроды России обеспечило выпуск нормативно-правовых актов, необходимых для проведения данного эксперимента и совершенствования системы мониторинга атмосферного воздуха в целом. Утверждены правила квотирования выбросов (за исключением радиоактивных веществ), правила проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха и методические указания по определению фоновому уровню загрязнения атмосферного воздуха на основе данных инструментальных и расчетных методов наблюдений, а также при отсутствии регулярных наблюдений в населенном пункте.

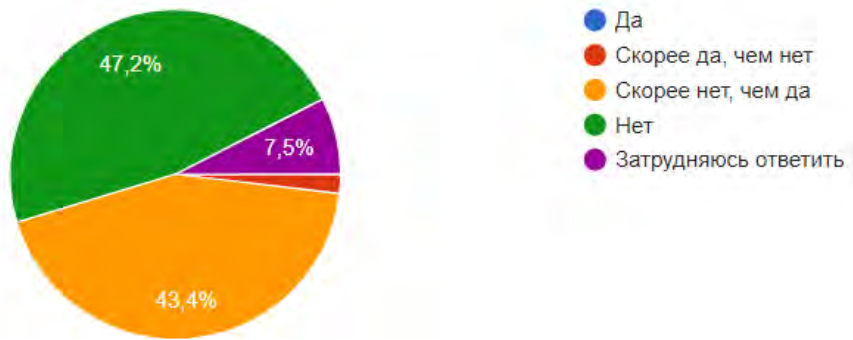
В соответствии с поручением заместителя Председателя Правительства РФ Алексея Гордеева, Минприроды России разработало Концепцию совершенствования института расширенной ответственности производителей товаров и упаковки (РОП), которая прошла согласование с заинтересованными министерствами и ведомствами, экспертными группами и в настоящее время находится на согласовании в Консультативном совете по иностранным инвестициям в России [9].

Однако мы должны помнить, что многое зависит от нас самих. Для оценки реальной ситуации был проведен социологический опрос, который показал отношение людей к сложившейся проблеме по обращению с отходами и возможные ее решения. Для большей репрезентативности результатов в анкету были также включены вопросы: пол, возраст, и место жительства; дополнительно предлагалось высказать свое мнение по проблеме. В таблице 1 приведена статистическая обработка результатов социологического опроса по проблеме обращения с отходами, выполненного методом заочного анкетирования случайной выборки (55 человек: мужчин - 32, женщин – 53).

**Табл. 1.** Социологический опрос по проблеме обращения с отходами

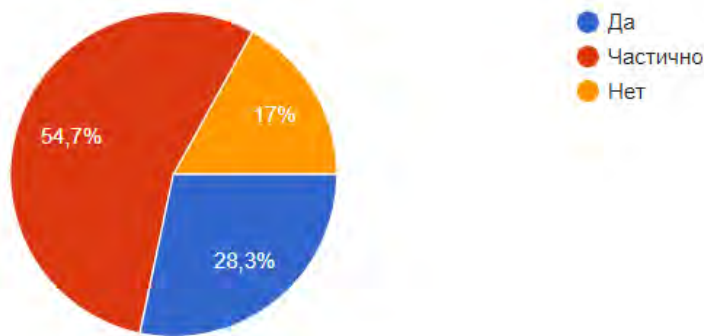
Вопрос	Мужчины		Женщины	
	Да, %	Нет, %	Да, %	Нет, %
Существует ли проблема с мусором в России?	96,9	3,1	98,1	1,9
Задумывались ли Вы об этой проблеме?	96,9	3,1	96,2	3,8
Достаточно ли делает государство для решения проблемы с мусором?	15,6	84,4	9,4	90,6
Поддержите ли Вы введение штрафов, стимулирующих к раздельному сбору?	59,4	40,6	75,5	24,5
Поддержите ли Вы введение программы обучения с ранних лет культуре обращения с бытовыми отходами?	100	0	98,1	1,9
Сортируете ли Вы мусор?	68,8	31,2	83	17
Удобна ли система раздельного сбора в вашем районе?	25	75	33,9	66,1
Готовы ли Вы сортировать мусор, если эта система будет удобной?	100	0	100	0

По таблице видно, что людей заботит ситуация с мусором в стране, опрошенные считают, что государство недостаточно делает для решения этой проблемы (рис.2).

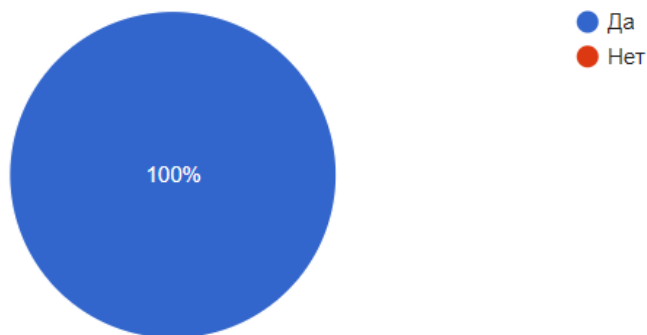


**Рис.2.** Распределение ответов на вопрос: «Достаточно ли делает государство для решения проблемы с мусором?»

Большинство разделяют отходы (полностью или частично), а те, кто не разделяет, готовы этим заниматься, если будет удобная система РСО (рис. 3 и 4).

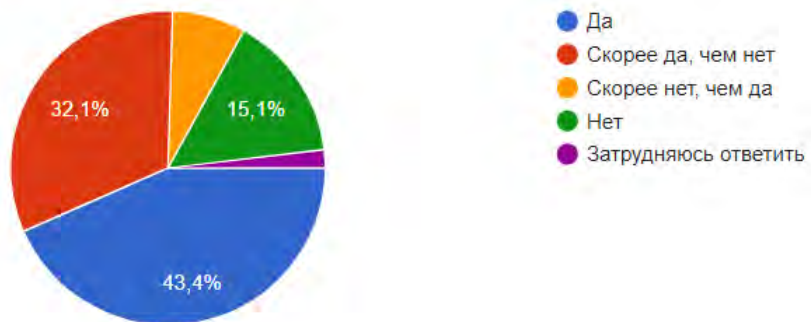


**Рис.3.** Распределение ответов на вопрос: «Сортируете ли Вы мусор?»

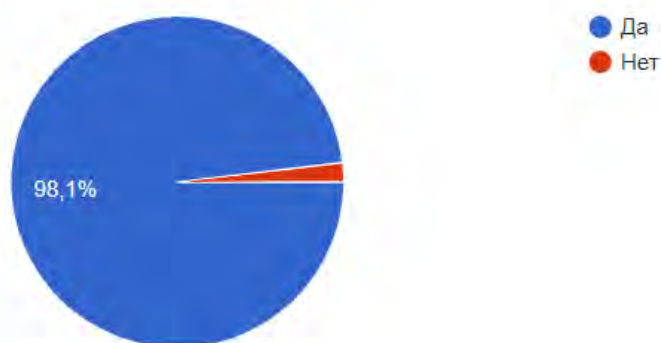


**Рис.4.** Распределение ответов на вопрос: «Готовы ли Вы сортировать мусор, если эта система будет удобной?»

Многие поддерживают введение штрафов и обучение культуре обращения с отходами с ранних лет (рис.5, 6) [10].



**Рис.5.** Распределение ответов на вопрос: «Поддержите ли Вы введение штрафов, стимулирующих к раздельному сбору?»



**Рис.6.** Распределение ответов на вопрос: «Поддержите ли Вы введение программы обучения с ранних лет культуре обращения с бытовыми отходами?»

Из развёрнутого ответа респондентов можно выделить несколько предложений.

1. Нужна большая огласка экологического образа жизни – информация в СМИ, проведение акций на федеральных каналах, реклама, баннеры и др.
2. Отказаться от полиэтиленовых пакетов на государственном уровне.
3. Усилить контроль над раздельным сбором отходов с введением льгот тем, кто занимается РСО, и штрафов тем, кто не занимается.
4. Увеличить количество контейнеров и сделать систему переработки более прозрачной.
5. Ввести налоговое регулирование (штрафы и преференции).

## **ВЫВОДЫ**

Россияне задумываются над проблемой с мусором. Многие поддерживают программу раздельного сбора мусора, но не везде это удобно, поэтому необходимо увеличить количество контейнеров, чтобы они стояли практически в каждом дворе. Для реализации программы



раздельного сбора мусора нужно распространять информацию о правильном сборе мусора через СМИ и проводить разные экологические акции. Также на законодательном уровне следует ввести штрафы и льготы, начать обучение культуре обращения с отходами с раннего возраста. В России раздельный сбор мусора реален, что подтверждается большинством респондентов, но культура обращения с отходами начинает только зарождаться.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никитина Б.А.«Зимняя вишня» и полигон «Ядрово» как две стороны одной медали: сложности осмысления очевидного//Вестник института социологии. 2019.№ 1. С. 29-57.
2. Оболенский Е.С. Экономика мусорной катастрофы в России//Проблемы науки. 2019.№ 39(2). С. 30-37.
3. Левенец Д. Как в России перерабатывают мусор: 5 заводов [Электронный ресурс]: <https://recyclemag.ru/article/kak-v-rossii-pererabatyivayut-musor-5-zavodov> (дата обращения: 16.04.2020)
4. Малютина А. Как устроен раздельный сбор мусора в Швеции [Электронный ресурс]: <https://recyclemag.ru/article/kak-ustroen-razdelnyiy-sbor-musora-v-shvecii> (дата обращения: 16.04.2020)
5. Что нам делать с мусором: пример Швеции [Электронный ресурс] <https://varlamov.ru/3386005.html> (дата обращения 02.02.2020).
6. Два бака. Раздельный сбор мусора в Подмосковье с 2019 года [Электронный ресурс] <https://hozotdel.ru/blog/dva-baka-razdelnyy-sbor-musora-v-podmoskove-s-2019-goda/>(дата обращения 02.02.2020).
7. Денисов В.В. и др. Экология города М.: ИКЦ «Март», 2008. 832 с.
8. Ерофеев Б.В. Экологическое право России: учебник для высших юридических заведений. М.:ООО Профобразование, 2008. 508с.
9. Вопросы экологической повестки в Послании Главы Государства Федеральному собранию и россиянам от 15 января 2020 года. Пресс-служба Минприроды России. [Электронный ресурс]: [http://www.mnr.gov.ru/press/news/voprosy\\_ekologicheskoy\\_povestki\\_v\\_poslanii\\_glavy\\_gosudarstva\\_federalnomu\\_sobraniyu\\_i\\_rossiyanam/](http://www.mnr.gov.ru/press/news/voprosy_ekologicheskoy_povestki_v_poslanii_glavy_gosudarstva_federalnomu_sobraniyu_i_rossiyanam/) (дата обращения: 16.04.2020)

## ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

**Иванов Н.Э.<sup>1</sup>, Недорезова А.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>студент 3 курса 1 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный консультант: А.Л. Суздалева**

д.б.н., профессор кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

С развитием техногенеза и промышленной деятельности человека, окружающая среда оказалась значительно притеснена. Помимо этого, негативное влияние продолжает распространяться на различные сферы природы, в том числе и на человека. В статье подробно объяснено пагубное влияние тяжелых металлов на водную среду, на почву, на животных. В целях выявления проблемы проанализирован путь прохождения тяжелых металлов по пищевой цепи до человека. Разобрано негативное воздействие тяжелых металлов на живой организм.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы; компостирование; водная среда; почва; человек;

### **ВВЕДЕНИЕ**

Окружающая среда сильно загрязнена тяжелыми металлами. Известно, что тяжелые металлы являются природными соединениями, но в результате антропогенной деятельности они в больших количествах накапливаются в различных сферах окружающей среды. Это приводит к тому, что способность окружающей среды стимулировать жизнедеятельность уменьшается. Здоровье человека, животных и растений становится под угрозой.

### **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Рост числа населения, и как следствие развитие промышленности, приводят к разрушению экосистем. Происходит загрязнение окружающей среды [1].

Техногенез – это процесс трансформации окружающей среды, обусловленный воздействиями техногенных объектов. Засорение, загрязнение водных объектов и развитие в них патогенных организмов приводит к истощению и деградации гидросферы [2].

В результате антропогенной деятельности человека тяжелые металлы попадают в окружающую среду. Это приводит к снижению возможности окружающей среды стимулировать жизнь. Здоровье человека, животных и растений становится под угрозой [3].

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Компостирование - дешевое и надежное решение для переработки органических отходов. Компост, содержащий высокую концентрацию тяжелых металлов, оказывает токсическое воздействие. Тяжелые металлы уменьшают количество активности почвенных микроорганизмов. Поглощение тяжелых металлов растениями и последующее накопление их вдоль пищевой цепи является потенциальной угрозой для здоровья животных и человека.

При компостировании происходит обработка органических отходов анаэробными микроорганизмами в 3 этапа.

- Мезофильный этап (с наличием патогенов);
- Термофильный этап (выделяется тепло, которое способствует уничтожению патогенных микроорганизмов и разложению большого количества опасных органических загрязнителей);
- Стабилизация (охлаждение). Конечный продукт можно использовать в качестве удобрения для почвы.

При этом объем твердых отходов может уменьшиться на 40-50%.. Если конечный продукт содержит высокую концентрацию тяжелых металлов, он может нанести вред почве, растениям и здоровью человека.

Тяжелые металлы считаются одним из основных источников загрязнения почвы. Загрязнение почвы тяжелыми металлами вызвано различными металлами, особенно Cu, Ni, Cd, Zn, Cr и Pb Тяжелые металлы, содержащиеся сельскохозяйственный сток, попадают в водную среду и могут быть токсичными для водных растений и животных. Если сжимаемые отходы, такие как осадок сточных вод, твердые бытовые отходы и навоз свиней, содержат тяжелые металлы, это может изменить процесс компостирования, подавляя рост бактерий.

В процессе компостирования тяжелые металлы влияют даже на жизненный цикл земляного червя. Поэтому целью настоящего исследования было оценить влияние компоста, содержащего тяжелые металлы, на почву, растения, здоровье человека и водную жизнь, а также влияние компостируемого материала, содержащего тяжелые металлы, на процесс компостирования.

Загрязнение отложений тяжелыми металлами является экологически важной проблемой, имеющей последствия для водных организмов и здоровья человека. Тяжелые металлы в водной среде токсичны для водных растений и животных.

Если сжимаемые отходы (осадок сточных вод, твердые бытовые отходы, навоз свиней) содержат тяжелые металлы, тогда изменяется процесс компостирования из-за подавления роста бактерий.

### **Воздействие тяжелых металлов на почву**

В промышленных странах, в том числе в России, большое опасение вызывают тяжелые металлы, которые являются одним из основных источников загрязнения почвы. Такое загрязнение влияет на активность микробного вещества, качество урожайности, цвет, кол-во и размер растений. Действие таких металлов, как Cu, Ni, Cd, Zn, Cr и Pb имеют документальные подтверждения.

Косвенное влияние тяжелых металлов на ферментативную активность почвы:

- 1) Оказание токсичного воздействия на биоту.
- 2) Уменьшения количества и активности почвенных организмов.

Уменьшение богатства видов растений, бактериальных сообществ и даже биомассы.

- 1) Длительное воздействие тяжелых металлов может развить толерантность бактериальных сообществ.
- 2) Это вызывает устойчивость к грибам, которые в свою очередь восстанавливают загрязненные экосистемы.

### **Воздействие тяжелых металлов на растения**

Такие металлы Cd, Hg, Pb или Se не являются необходимыми для роста растений, а другие - Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni и Zn являются элементами, необходимыми для нормального роста и метаболизма растений, но эти элементы могут легко привести к отравлению, когда их концентрация превышает оптимальные значения. Из-за желания фермеров повысить урожайность используется компост, который при содержании тяжелых металлов оказывает влияние на растения, но и на их плоды. Поэтому риск переноса тяжелых металлов по пищевой цепочке очень велик. Растения поглощают питательные вещества корнями, а накопление тяжелых металлов зависит от различных факторов, таких как: температура, влажность, органические вещества, pH среды, доступность питательных веществ. Так же накопление в растениях ТМ зависит от видов растений, активности поглощения растениями тяжелых металлов или скорости переноса их почвой. Повышенный уровень свинца в почве может

снизить продуктивность почвы, а очень низкая концентрация свинца может ингибировать некоторые жизненно важные процессы растений, такие как фотосинтез, митоз и поглощение воды с токсическими симптомами темно-зеленых листьев, увяданием более старых листьев, задержкой роста в росте и коричневыми короткими корнями.

### **Воздействие тяжелых металлов на водную среду**

Тяжелые металлы устойчивы и токсичны, они могут вызывать сильный окислительный стресс у водных организмов [4]. Загрязнение реки тяжелыми металлами может привести к разрушительным последствиям для экологического баланса водной среды, и разнообразие водных организмов становится ограниченным по мере загрязнения (рис. 1).



**Рис.1.** Пути проникновения тяжелых металлов в рыбу.

Частицы тяжелых металлов, которые выделяются в водную среду оседают на морском дне и поглощаются макрофитами и другими водными организмами. Поскольку большая часть микроэлементов, попадающих в водную среду, в конечном итоге становится связанной с донными отложениями, деградация окружающей среды металлами может происходить в районах, где критерии качества воды не превышаются, однако организмы в или вблизи отложений подвергаются неблагоприятному воздействию [5-6]. Как только тяжелые металлы накапливаются в водном организме, они могут переноситься через высшие классы пищевой цепи. Плотоядные животные на вершине пищевой цепи, включая людей, получают большую

часть своего тяжелого металла отводная экосистема в виде пищи, особенно там, где присутствует рыба

**Ртуть** - один из наиболее опасных загрязнителей, она не только воздействует на водные организмы, но и потенциально опасна для человека. Из ртути в водных отложениях образуется метил ртуть. Она переносится с кровью в места хранения (в кости), либо в печен для трансформации и хранения. Она вступает в контакт с органами и тканями рыб и в разной степени накапливается в них.

Пути проникновения ТМ в рыбу:

- 1) с продуктами питания
- 2) с поглощением непищевых частиц
- 3) через жабры
- 4) пероральное потребление воды
- 5) взаимодействие с кожей.

Если загрязняющие вещества трансформируются печенью, они могут храниться там или выводиться с желчью или возвращаться обратно в кровь для возможного выведения через жабры или почки, либо храниться в жире, который является дополнительной печеночной тканью.

### **Влияние тяжелых металлов на здоровье человека**

Люди подвергаются воздействию токсичных тяжелых металлов в окружающей среде различными путями, включая проглатывание, вдыхание и всасывание через кожу. Человек более подвержен воздействию токсичных металлов [7]. Как правило, люди не знают и не знают о воздействии тяжелых металлов и его последствиях для здоровья человека, особенно в развивающихся странах. Люди могут подвергаться воздействию тяжелых металлов на рабочем месте и в окружающей среде. Воздействие токсичных химических веществ на рабочем месте человека называется профессиональным воздействием, в то время как воздействие таких химических веществ в общей среде называется непрофессиональным или экологическим воздействием [7]. Рабочие подвергаются воздействию тяжелых металлов при добыче полезных ископаемых и на промышленных предприятиях, где они могут вдыхать пыль и частицы металлов, содержащие твердые частицы. Люди, добывающие золото в процессе слияния, подвергаются воздействию паров ртути. Сообщалось, что сварщики с длительным профессиональным воздействием сварочных паров имели значительно более высокие уровни содержания тяжелых металлов Cr, Ni, Cd и Pb в крови, чем контрольные, и показали повышенный окислительный стресс. Курение сигарет также является основным источником

воздействия на человека Cd и других токсичных тяжелых металлов, присутствующих в листьях табака.

Проглатывание тяжелых металлов через пищу и питьевую воду является основным источником воздействия на население в целом. Индустриализация, урбанизация и быстрое экономическое развитие во всем мире привели к увеличению промышленной и сельскохозяйственной деятельности. Такая деятельность может привести к загрязнению воды, воздуха и почвы токсичными тяжелыми металлами [8]. Выращивание продуктов питания человека в средах, загрязненных тяжелыми металлами, приводит к накоплению этих элементов в пищевых цепях человека, откуда эти элементы в конечном итоге попадают в организм человека. (Рис. 2.)

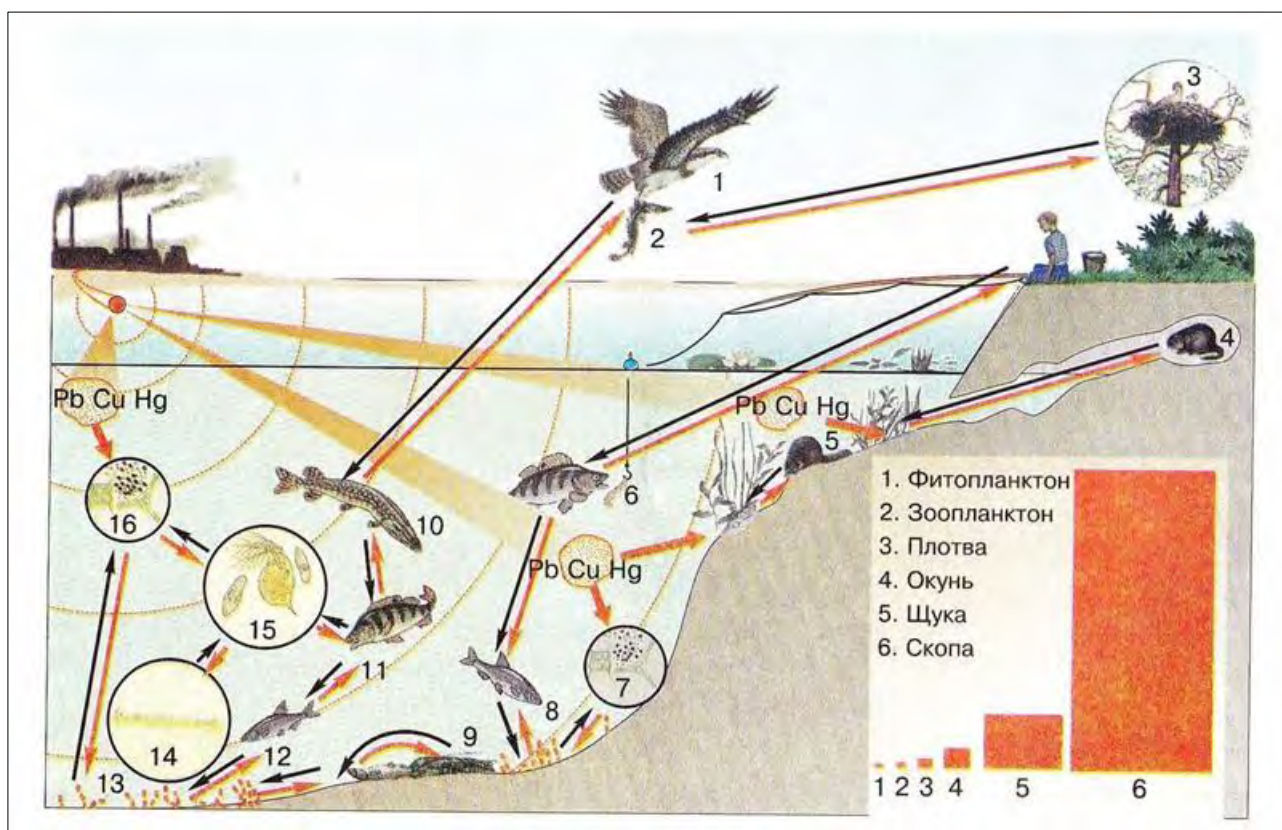


Рис.2. Пути проникновения тяжелых металлов в человека [9]

**Кадмий.** Органы-мишени: печень, плацента, почки, легкие, мозг и кости. В зависимости от серьезности воздействия симптомы включают в себя тошноту, рвоту, спазмы в животе, одышку и мышечную слабость. Сильное воздействие может привести к отеку легких и смерти. Легочные эффекты (эмфизема, бронхиолит и альвеолит) и почечные эффекты могут возникать после субхронического ингаляционного воздействия кадмия и его соединений.

**Цинк** считается относительно нетоксичным, особенно если принимать его внутрь. Тем не менее, избыточное количество может вызвать системные дисфункции, которые приводят к

ухудшению роста и размножения. Клинические признаки токсикоза цинка были отмечены как рвота, диарея, кровавая моча, желтуха (желтая слизистая оболочка), печеночная недостаточность, почечная недостаточность и анемия.

**Медь**- важный элемент в питании млекопитающих (донор электронов). Однако, воздействие высоких уровней меди приводит к ряду неблагоприятных последствий на здоровье человека. Воздействие Cu на человека происходит главным образом в результате потребления пищи и питьевой воды. Чрезмерное употребление человеком Cu может привести к сильному раздражению слизистой оболочки и коррозии, широко распространенному повреждению капилляров, поражению печени и почек и раздражению центральной нервной системы с последующей депрессией. Также может возникнуть сильное раздражение желудочно-кишечного тракта и возможные некротические изменения в печени и почках. Эффекты воздействия Ni варьируют от раздражения кожи до повреждения легких, нервной системы и слизистых оболочек.

**Свинец** является физиологически и неврологически токсичным для человека. Острое отравление свинцом может привести к нарушению функции почек, репродуктивной системы, печени и мозга, что приводит к болезни и смерти. Свинец является угрозой даже при крайне низких концентрациях. Отравление свинцом также вызывает угнетение синтеза гемоглобина; сердечно - сосудистая система и острые и хронические повреждения центральной нервной системы (ЦНС) и периферической нервной системы (ПНС). Другие хронические последствия включают анемию, усталость, желудочно-кишечные проблемы и аноксию. Свинец может вызвать трудности во время беременности, высокое кровяное давление, боль в мышцах и суставах. Свинец влияет на детей; особенно в возрасте 2-3 лет, что ведет к плохому развитию серого вещества мозга, что приводит к снижению коэффициента интеллекта (IQ). Его усвоение в организме усиливается дефицитом Ca и Zn.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Компост, содержащий тяжелые металлы, может изменить физические, химические и биологические свойства почвы. Эти металлы поглощаются растениями из почвы, это снижает продуктивность сельскохозяйственных культур, подавляя физиологический обмен веществ. Поглощение тяжелых металлов растениями и последующее накопление в тканях человека и биомагнификации через пищевую цепь вызывают как проблемы со здоровьем человека, так и окружающей среды. Для предотвращения загрязнения поверхности Земли нужны предупредительные меры. Пока единственным путем существенного уменьшения загрязнения окружающей среды являются малоотходные технологии. В настоящее время создаются



молоотходные производства, в которых выбросы вредных веществ не превышают предельно допустимых концентраций, а отходы не приводят к необратимым изменениям природы.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Суздалева А.Л. Природно-технические системы: авторский сайт [Электронный ресурс]: <http://www.ntsyst.ru> (дата обращения 16.12.2019).
2. Суздалева А.Л., С.В. Горюнова Техногенез и деградация поверхностных водных объектов М.: ИД Энергия, 2014. 456с.
3. Masindi V., Muedi Kh.L. Environmental contamination by heavy metals [Электронный ресурс]: <https://www.intechopen.com/books/heavy-metals/environmental-contamination-by-heavy-metals> (дата обращения 25.12.2019).
4. Nazrat A., Ezzat Kh., Ikram I. Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental Persistence, Toxicity and bioaccumulation. [Электронный ресурс]: <https://www.hindawi.com/journals/jchem/2019/6730305> (дата обращения 25.12.2019).
5. Гусакова Н.В. Техносферная безопасность: физико-химические процессы в техносфере. Москва: ИНФРА-М, 2015.184с.
6. Дайнеко Н.М. Накопление тяжелых металлов прибрежно-водной растительностью Гомельского региона Чернигов. М., 2014. 207 с.
7. Другов Ю.С. Мониторинг органических загрязнений природной среды: 500 методик : практическое руководство. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 893 с.
8. Мотузова Г.В. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия Москва: Изд-во Московского ун-та, 2013. 302 с.
9. Накопление загрязняющих веществ – тяжелых металлов в живых организмах [Электронный ресурс]: <https://prezentacii.org/prezentacii/prezentacii-po-biologii/139327-zagrjaznenie-vody-v-zabajkale.html> (дата обращения 19.02.2020)

## ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО МУСОРА

**Калюкшева А. П.<sup>1</sup>, Гайфутдинова А. Л.<sup>1</sup>**

Студент 2 курса 20 группы ИИЭСМ НИУ МГСУ

**Научный консультант: Курочкина В.А.**

канд. техн. наук, доц. кафедры ИИиГЭНИУ МГСУ

### **Аннотация**

Проблема утилизации отходов была актуальной во все времена, но именно сегодня этот вопрос встал очень остро.

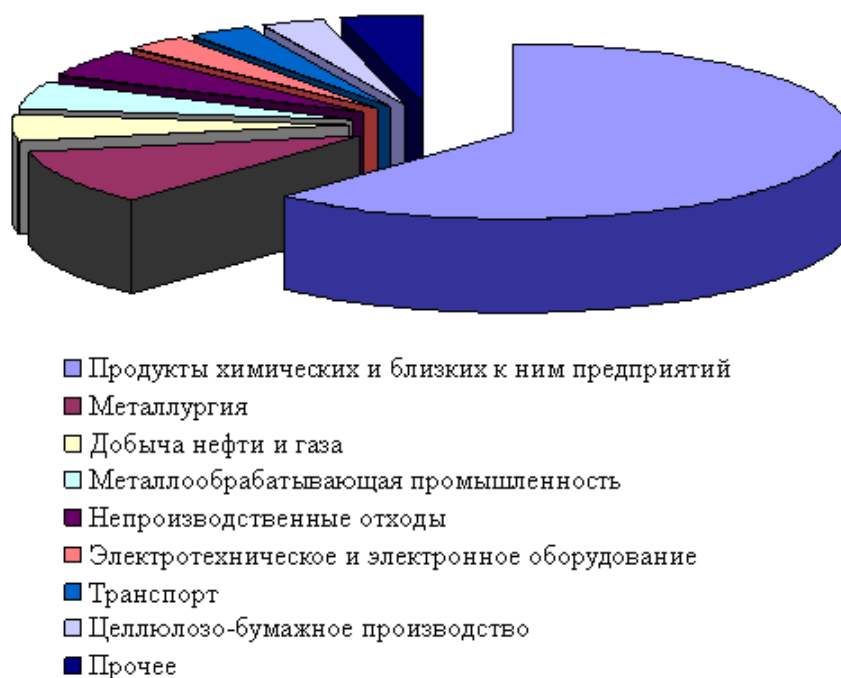
В настоящее время строительство характеризуется ростом новых строительных объектов, что влечёт образование значительного количества строительных отходов. Существенное отличие строительного мусора от бытового состоит в том, что он содержит большее количество вредных веществ, которые пагубно влияют на здоровье человека и окружающую среду.

### **ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день в мире существует огромное количество промышленных предприятий. И только немногие из них могут похвастаться безотходным производством, остальные же справляются с отходами как могут, либо не справляются вовсе. Около трети из всех отходов перерабатывается [1].

В частности, российские предприятия ежегодно вырабатывают 3,5 миллиарда тонн отходов [3]. Из них 2,6 миллиарда являются промышленными, 700 миллионов тонн составляют жидкие отходы, вырабатываемые птицеводческими и животноводческими хозяйствами, 42 миллиона тонн – это твёрдые бытовые отходы, а 30 миллионов тонн представляют собой осадки очистных сооружений (рис. 1).

Преобладающие виды строительных отходов в городах — замусоренный грунт, асфальт, каменные материалы, кирпич, бетон и железобетон, древесина, керамическая плитка, картон, бумага и т.д.



**Рис. 1.** Соотношение отходов по разным направлениям деятельности человека

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Проблеме строительного мусора посвящена работа Аксеновой Л. Л. [1]. В своей работе автор отмечает, что «...вследствие постоянного роста взаимодействия между обществом и природой окружающая нас среда становится все более синтетической, и ее естественная структура вступает в конфликт с производительными силами и общественным потреблением...». Вследствие чего сегодня все больше становится актуальна проблема контроля над качеством окружающей среды. Главное направление сохранения окружающей среды - это снижение объема отходов производства, их утилизация в различных отраслях народного хозяйства и, особенно, в строительной индустрии. Эту проблему поднимают и другие авторы [2]. Необходимости внедрения новых подходов и современных технологий, направленных на возможность вторичного использования строительного мусора и, тем самым, снижения нагрузки на природу, посвящается в настоящее время все большее число работ [3-5].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Под термином «строительный мусор» понимают отходы, которые возникают в процессе реконструкции, ремонта или демонтажа сооружений (рис. 2). К такому виду мусора можно отнести:

- битый кирпич;

- фрагменты металла (вне зависимости от его происхождения);
- бетон и железобетонные материалы;
- фрагменты керамической плитки и гипсокартона;
- древесина (например, старые окна и двери и т.д.);
- иные элементы и детали стройматериалов (фрагменты линолеума, фрагменты обоев и гипсокартона, остатки лакокрасочных материалов и д.р.).



**Рис. 2.** Демонтаж зданий

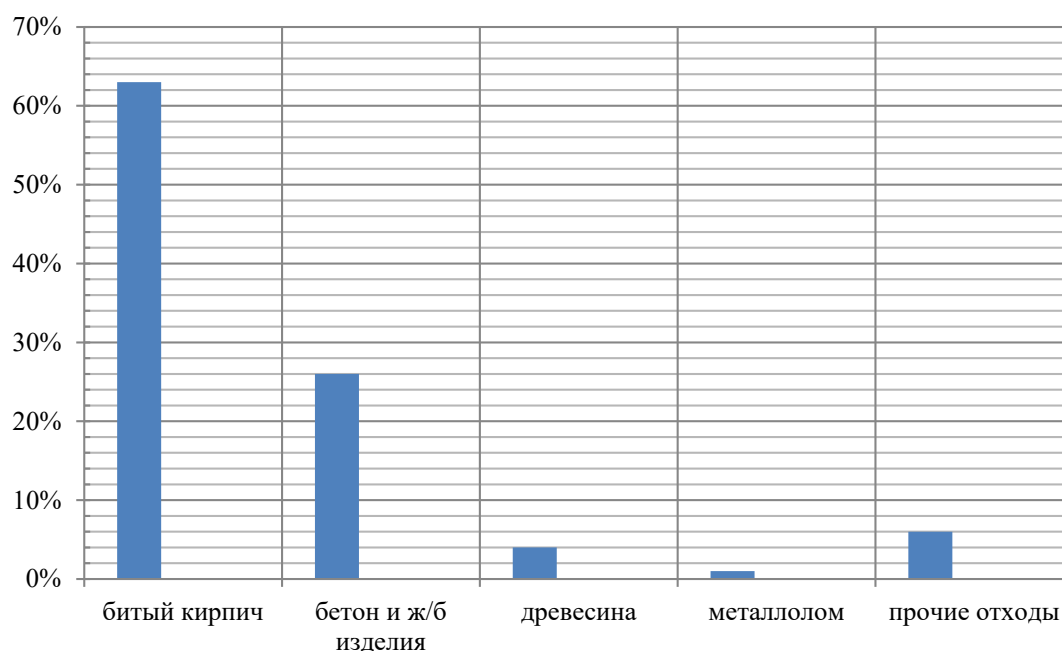
Распределение отходов в процентном соотношении, образующихся после сноса зданий, представлено на рис.3.

Строительный мусор отличается от бытовых отходов тем, что последние включают в себя все, что остается после использования человека в обычной его деятельности (в.т.ч. пластиковые пакеты, бутылки, бытовую технику и др.). В ходе последних лет в нашем законодательстве в сфере обращения с отходами происходит все больше и больше изменений. Сегодня, согласно законодательству, строительный мусор больше не входит в состав твердых коммунальных отходов (ТКО).

На бытовом уровне это значит, что строительный мусор больше нельзя просто выкидывать в мусорные контейнеры. А как же быть, когда речь идет о строительном мусоре, образовавшемся в результате, например, демонтажа большого здания?

Для удобства организации вывоза отходы строительства относят к трем разным категориям.

1. Первая категория — мусор, появляющийся в ходе расчистки места для строительства и сноса старых зданий (сюда включают крупноформатные материалы, которые поступают в ходе первичного освобождения территории от самых значимых фрагментов строительного мусора). К этой категории относятся также демонтированные перекрытия, окна и двери. Мусор этой категории отличается объемами и немалым весом. Их вывозят до перехода к основным работам.
2. Вторая категория — отходы собственно строительства, остатки материалов и пустая тара из-под них. Вывозится регулярно в течение строительных работ.
3. Третья категория — отходы последних стадий ремонта, отделочных работ. К третьей категории причисляют остатки краски и обойного клея, обрезки обоев, линолеума, ламината, керамической плитки, гипсокартона [3].



**Рис. 3.** Распределение отходов, образующихся после сноса зданий

Для того чтобы определить способы утилизации также необходимо определить класс опасности мусора. По степени опасности воздействия на окружающую среду мусор делится на пять классов (табл. 1).

Строительный мусор, относящийся к четвертому и пятому классу опасности, является самым распространенным при строительстве и демонтаже зданий и сооружений. К этому классу также относятся ТКО.

**Табл. 1.** Классы опасности строительного мусора по степени воздействия на окружающую среду

Класс опасности	Уровень воздействия	Определение	Характер воздействия на окружающую среду	Где встречается
1	Чрезвычайно опасный	Мусор этого класса содержит опасные вещества, негативно влияющие на природную среду и живые организмы, например, ртуть, свинец, различные кислоты, радиоактивные элементы.	Они не разлагаются, что причиняет вред природе в течение нескольких столетий. Степень вреда — очень высокая.	В основном это разные химические соединения, полимеры, древесные пропитки, лакокрасочные материалы. Маслянистая жидкость креозот вызывает аллергии, головную боль, болезни печени, рак.
2	Опасный	Утилизация этих отходов возможна только при соблюдении особых регламентирующих правил.	Высоко опасные материалы. Разложение происходит примерно за десятки лет с нанесением меньшего вреда окружающей среде	
3	Умеренно опасный	Умеренно опасный мусор. Утилизация этих отходов возможна только специальными, профильными предприятиями,	После разложения веществ этой группы происходит более быстрое восстановление	Пыль цемента, деревянные изделия с цементной плиткой, растворители, лакокрасочные материалы, соляная кислота, соединения

		обладающими лицензией.	экосистемы, до 10 лет.	никеля, меди, фосфаты и другие вещества, электрические провода
4	Малоопасный	Мусор 4 класса содержит малоопасные вещества. К 5 классу	Вещества этих классов разлагаются в природе (до трехлет).	Строительный мусор (за исключением некоторых лаков и красок): бой кирпича, остатки обоев, оконные и дверные рамы, напольные покрытия;
5	Неопасный	относится мусор, который не наносит значительного вреда окружающей среде. Утилизация такого мусора не предполагает соблюдение особых регламентирующих правил.	Экосистема восстанавливается.	остатки обоев, оконные и дверные рамы, напольные покрытия; строительная пыль.

Строительный мусор, относящийся к четвертому и пятому классу опасности, является также самыми безопасными. Эти отходы могут перерабатываться и использоваться в качестве вторсырья. Также при условии правильного демонтажа конструкции, все строительные отходы, которые подлежат повторному использованию, могут быть рассортированы для повышения эффективности затрат предприятия.

Можно выделить несколько этапов обращения с отходами:

1. Образование отходов;
2. Сбор и хранение;
3. Проведение первичной переработки;
4. Транспортировка на утилизацию.

Сортировка и переработка строительного мусора зависит от происхождения, агрегатного состояния, степени опасности.

В настоящее время на рынке услуг появились компании, специализирующиеся на вывозе этого мусора. [5]. Для удобства любой застройщик может отправить заявку на расчёт, вызвать специалиста на объект, чтобы узнать примерную стоимость вывоза отходов. Цены зависят также от количества материала, его вида и размера, веса (транспортная классификация).

Строительство или снос здания включает в себя большое количество промышленного мусора, который необходимо качественно и вовремя утилизировать.

Одними из традиционных методов, которые используются уже очень давно, являются утилизация строительного мусора путём сжигания под воздействием высоких температур или захоронение на полигонах и карьерах. Последний метод является самым простым и, на первый взгляд, самым экономным вариантом. Однако такой способ утилизации наносит большой вред окружающей среде и со временем оборачивается большими затратами на восстановление нарушенных территорий.

Ведь, увеличение строительных отходов неизбежно приводит к проблеме утилизации этого мусора. Захоронение на полигонах ведет к расширению площадей, отводимых под них, ухудшению окружающей среды и изменению, порой существенному, ландшафта. Загрязнение почв, которое неизбежно связано с образованием свалок (особенно стихийных и несанкционированных), ведет к загрязнению грунтовых вод и биоты.

Если мусор, имеющий органическое происхождение, зачастую загнивает, то пластики, а также металлы и стекло «биологически» не разрушаются, а, следовательно, остаются в почве и на поверхности почвы на очень длительный период времени.

Помимо этих методов, существует относительно новый метод утилизации отходов, который уже нашел широкое применение за рубежом. Он заключается в том, что строительный мусор может быть переработан на специализированных заводах для дальнейшего применения (ресайклинг).

В нашей стране такой способ утилизации пока находится в стадии зарождения.

Строительный мусор может быть переработан с помощью специального оборудования непосредственно на месте работ (рис.4). Тем самым, часть отходов может превратиться в необходимое вторсырьё. Такие решения приносят ощутимую выгоду с точки зрения экологии и экономики.

Этот процесс переработки мусора включает четыре стадии:

- Первая из них состоит в сортировке материала по видам и сепарации непригодного к переработке.
- Вторая стадия – подготовка материала для оборудования, на котором производится переработка.
- Третья – дробление отходов на заданную фракцию.
- И завершающая – сортировка, для получения финальных фракций.





**Рис.4.** Переработка мусора: мобильные установки для переработки строительного мусора

Это может стать частью комплексных мероприятий по переработки мусора для вторичного использования (ресайклинга), в результате которого происходит полная или частичная замена переработанного мусора (рис.5).

Рециклинг включает в себя:

1. Повторное использование продукта переработки
2. Изготовление из переработанного сырья новых изделий
3. Расщепление или раздробление для выделения присутствующих необходимых компонентов
4. Получение необходимой энергии при сжигании разного по весу мусора



**Рис. 5.** Переработка мусора: стационарный комплекс

Стационарные комплексы, перерабатывающий строительный мусор, предназначены для переработки любого строительного мусора с попутным извлечением из него металла, дерева, полиэтилена, пластика. Переработка осуществляется поэтапно, поэтому комплекс состоит из нескольких агрегатов, что дает возможность получить желаемую степень очистки мусора от примесей. Стационарные комплексы имеют возможность переработать за единицу времени больше строительного мусора, чем мобильные. Но этот недостаток мобильные установки компенсируют мобильностью и экономической целесообразностью. Использование мобильных или самоходных установок для переработки мусора позволяют перерабатывать мусор непосредственно вблизи разрушаемого и возводимого объектов, что приводит к экономии значительных средств на транспортировку строительных отходов; исчезают дополнительные расходы на утилизацию строительных отходов.

Проблема строительного мусора касается не только России, но и других странах мира. Так, например, в Германии каждый год образуется примерно 412 миллионов тонн промышленного и бытового мусора. Это примерно 500 килограммов в среднем на каждого жителя страны, из которых значительную часть (168 кг) составляет строительный мусор. Общее распределение: органические отходы составляют 125 килограммов, почти столько же - бумага, картон и стекло (которые собирают в специальные контейнеры), 30 кг – старая мебель и бытовая техника и др. Около 220 килограммов составляют остаточные отходы, из которых как раз 168 кг приходится на строительный мусор (битый кирпич, куски бетона, обломки штукатурки, гипсокартона, керамической плитки, железная арматура и так далее).

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Большая часть материалов может быть использована повторно. Многие хозяйственные предприятия уже осознали всю выгоду этого мероприятия и свою ответственность за поддержание экологии.

Полученные подобным образом материалы используют во многих хозяйственных сферах, главным образом в строительстве дорог и сооружений. [4]

Преимущества переработки строительных отходов:

- Своевременно освобожденная стройплощадка упрощает работу техники, позволяет сохранить непрерывность работ.
- Переработанные отходы сокращают затраты на закупку. Так, например, вторичный щебень снижает себестоимость бетона, слегка уступая по качеству материалу, добытому в карьере.
- Защита окружающей среды.

- Сведение загрязнения к минимуму.
- Сохранение природных ресурсов.
- Сокращение количества мусора на полигонах.
- Создание новых рабочих мест (появление заводов по переработке строительных отходов нуждается в рабочей силе, которая будет осуществлять этот процесс).
- Снижение потребления энергии.

Как обращаться со всеми категориями материалов должны знать не только строительные компании, но и обычные люди, которые занимаются ремонтами, строительством и демонтажем.

Учитывая объемы строительного мусора в разных странах мира, можно сказать, что применение современных методов утилизации строительных отходов станет одним из значимых факторов сохранения экология нашей планеты. Переработка и современные методы утилизации отходов производства и строительства, способны не только сохранять природные ресурсы, но и способствуют экономии на приобретении и производстве новых материалов, поэтому их количество нужно сокращать и по возможности применять методы их вторичного использования. Не стоит забывать о том, что своевременная переработка позволяет избежать ежегодного увеличения объема отходов производства, а правильные методы утилизации сохраняют окружающую среду от загрязнений, а именно те территории, на которых располагаются полигоны.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аксенова Л.Л. Использование отходов предприятий черной и цветной металлургии в строительной индустрии / Л.Л. Аксенова, Л.В. Бугаенко // Технические науки в России и за рубежом: материалы III Междунар. науч. конф., г. Москва, июль 2014 г. М.: Буки-Веди, 2014. С. 106–108.
2. Гиоева А. Уроки запада / А. Гиоева // Корпоративное издание «Все с размахом», 2013. № 5 (19). С. 14–15.
3. Киюцен Л.И. Вторичные ресурсы в производстве строительных материалов: определяем экономическую эффективность использования/Экономика отрасли// Журнал «Справочник экономиста», 2016. №10. стр.3-4.
4. Строительное материаловедение: Учебное пособие для строительных спец. вузов / И. А. Рыбьев. М.: Высш. шк., 2003. 701 с.

5. Аксенова Л. Л., Хлебенских Л. В., Хлебенских С. Н. Переработка и утилизация строительных отходов для получения эффективных зеленых композитов. Современные тенденции технических наук.
6. Аксенова, Л. Л. Переработка и утилизация строительных отходов для получения эффективных зеленых композитов / Л. Л. Аксенова, Л. В. Хлебенских, С. Н. Хлебенских. — Текст: непосредственный, электронный // Современные тенденции технических наук : материалы III Междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2014 г.). Казань: Бук, 2014. С. 63-65. [Электронный ресурс]: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/123/6266/> (дата обращения: 22.04.2020).

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОБУСОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

**Карабашева А.М.**

студент 2 курса 21 группы ИИЭСМ НИУ МГСУ

**Научные консультанты: Курочкина В.А<sup>1</sup>, Яковлева И.Ю.<sup>2</sup>,**

<sup>1</sup>канд. техн. наук, доцент кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

<sup>2</sup> старший преподаватель кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В данной статье рассмотрены предпосылки внедрения электробусов в жизнь современного общества. Проведен сравнительный анализ троллейбусов, трамваев и автобусов с новым общественным транспортом. Рассмотрены положительные стороны эксплуатации электробусов. Преимуществом электробусов являются с одной стороны его экологичности, с другой его маневренность.

**Ключевые слова:** Общественный транспорт, окружающая среда, экология, электробусов

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время транспорт заполнил жизнь всего общества. Нет в мире человека, который обходился бы без средства передвижения, будь то общественный транспорт или же транспорт личного пользования. Поэтому многих из нас волнует вопрос усиление экологических требований к транспортному средству. В настоящее время общественный транспорт в городе Москве включает в себя: автобусы, троллейбусы, трамваи, маршрутные такси, электрички. В сентябре 2018 года на дорогах Москвы появился новый вид транспорта – Электробус. Одним из основных требований, предъявляемым к данному виду транспорта – это отсутствие выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Но мнения ученых и жителей Москвы по поводу экологичности нового транспорта не однозначно и зачастую радикально противоположны. В частности, доктор геолого-минералогических наук Брюхань Ф.Ф., занимающийся вопросами экологии и геоэкологии, во время вступительного экзамена по «Геоэкологии» в беседе с одним из аспирантов высказал крайне негативное отношение к электробусам, обосновав это тем, что для получения электроэнергии для электробусов увеличится количество сжигаемого топлива на ТЭС. в свою очередь увеличение количества, сжигаемого топлива, приведёт к ухудшению экологической обстановки вокруг ТЭС. Но

многие жители города и правительство Москвы поддерживает использование электробусов. Исходя из вышесказанного проблем применения электрического транспорта в городе Москве является актуальной.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Идея использования электрического транспорта не является новой. Первый электробус был представлен в Лондоне в 1886 году. Он ездил со средней скоростью 11,2 км/ч. Первый российский электробус, построенный по проекту электротехника Ипполита Романова, появился в начале 20 века. Электробус вместимостью 20 пассажирских мест был оборудован двумя электродвигателями общей мощностью 12 лошадиных сил. Вес электротранспорта составил около 1600 кг, скорость 19 км/час. Источником энергии служила аккумуляторная батарея из 44 элементов, разработанная Романовым. Положительная оценка комиссии позволила И. В. Романову предложить открыть движение электробусов на десяти городских маршрутах. Однако его проекты не получили широкой реализации из-за отсутствия финансирования [1].

Помимо электробусов электрическим транспортом являются также троллейбусы и трамваи. Впервые троллейбусный маршрут появился в Москве 15 ноября 1933 г., от Тверской заставы (Белорусского вокзала) до села Всехсвятского (ныне район станции метро «Сокол»). Первый советский троллейбус имел деревянный каркас с металлической обшивкой, кузов длиной 9 м, шириной 2,3 м и весом 8,5 т. (рис.1) Он мог развивать максимальную скорость до 50 км/ч. В салоне имелось 37 мест для сидения (кресла были мягкие), зеркала, никелированные поручни, сетки для багажа; под сиденьями установили электропечи. Двери открывались вручную: передние — водителем, задние — кондуктором.

В настоящее время в мире более 280 систем троллейбусов, которые находятся в России, Украине, Китае, Швейцарии, Италии и других странах.

Движение же трамваев торжественно запустили 26 марта (7 апреля) 1899 года. На следующий день трамваи (рис.2) начали регулярно ходить от Бутырской Заставы до Петровского парка.

В салоне трамваев располагались две скамьи, на которых могли сидеть около 20 человек, а также оставалось пространство для пассажиров, которые ехали стоя. Днем через четыре больших окна в салон проникало солнце, а в темное время его освещали матовые электрические фонари [2].



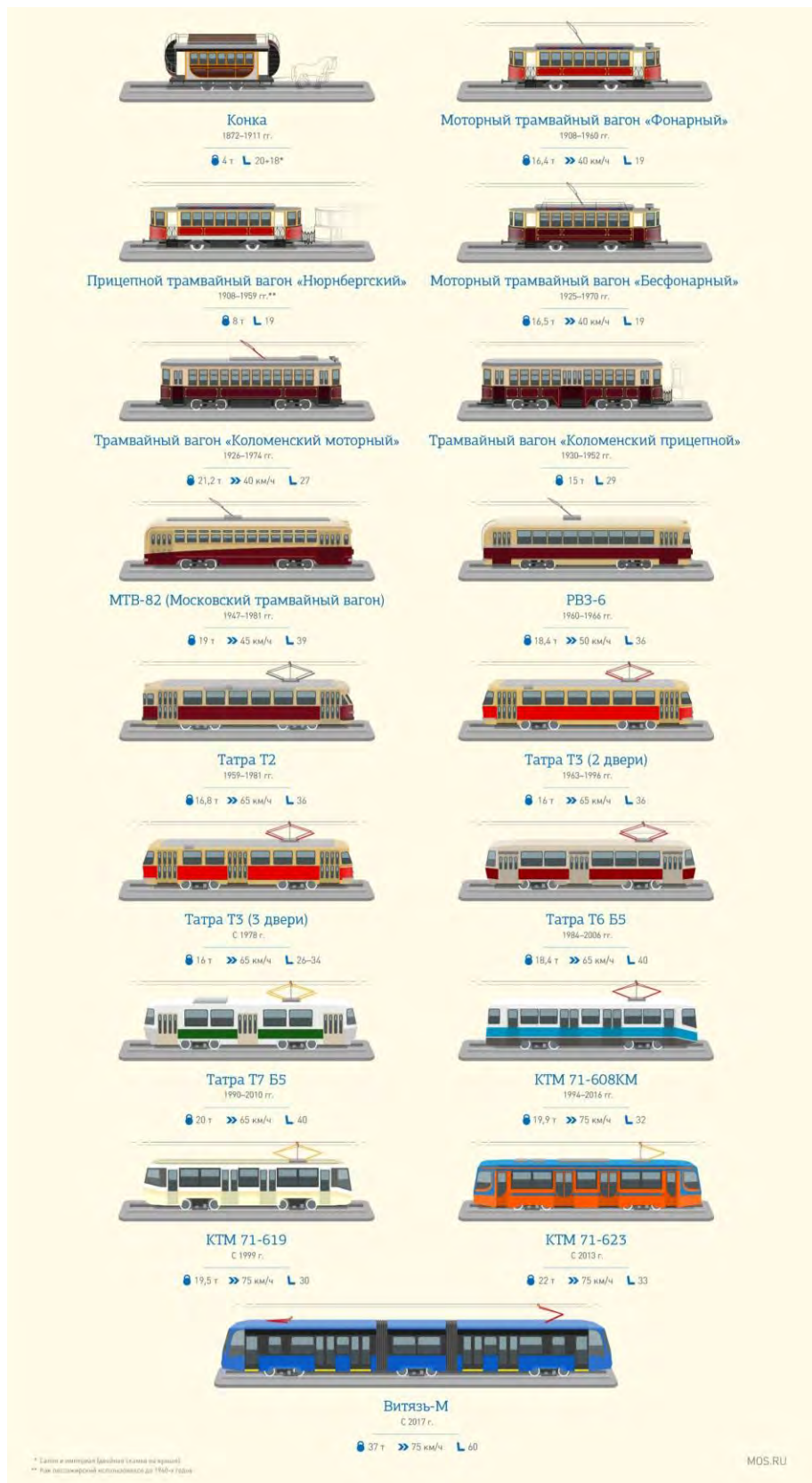
**Рис. 1.** Троллейбус



**Рис. 2.** Трамвай

Авторы в своей статье [3] пишут о том, что электробусы эксплуатировать выгоднее, чем строить сеть для троллейбусов или прокладывать трамвайные пути. Трамвайные рельсы занимают полезную и большую площадь дорог, доставляют немало неудобств, освободившуюся от рельсов площадь используют как выделенные полосы для электробусов, это увеличивает скорость трафика электробусов. Эксплуатация троллейбусов так же проигрывает электробусам: большие потери на тепло в проводах, загромождение городов проводами, невозможность объехать препятствие, низкая скорость, не отвечающая современному ритму городов, если случается, обрыв в сети проводов останавливается весь парк троллейбусов.



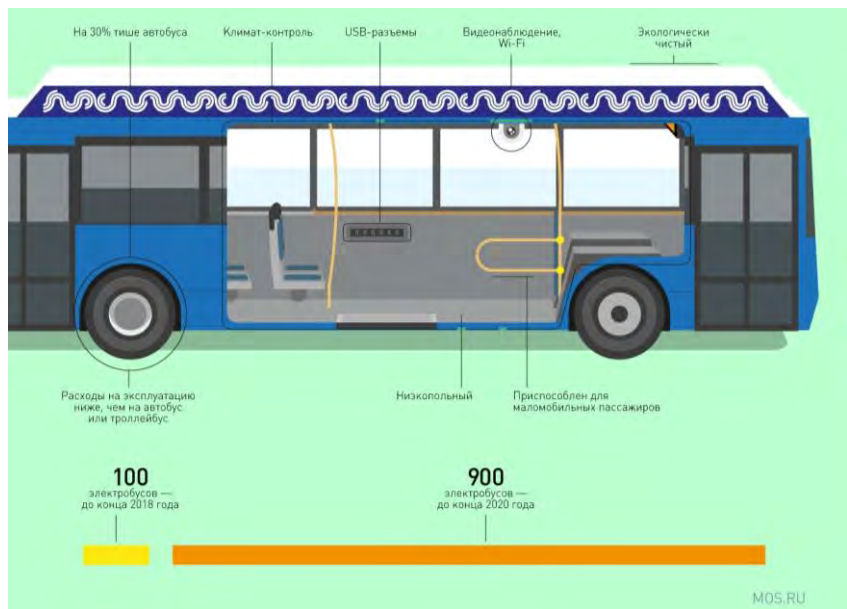


**Рис.3.** Эволюция транспорта. Как менялись вагоны трамваев [4]

Основным преимуществами электробуса перед автобусом с двигателем внутреннего сгорания являются высокая производительность и экологичность. По сравнению с автобусом, работающим на бензине, дизельном топливе или газе, электробус обладает рядом



несомненных преимуществ. Электробус бесшумен, у него низкая пожароопасность и взрывоопасность при аварии, также при эксплуатации автобусов с ДВС наблюдается такая проблема как, проблема загрязнения городских улиц минеральной пылью – асбестосодержащими частицами фрикционных материалов. У современных же электробусов торможение осуществляется рекуперацией, без использования механических тормозов.



**Рис.4.** Московский электробус [5]

Авторы [6] в своей работе приводят расчеты по увеличению потребляемой электроэнергии при внедрении электробусов в Санкт-Петербурге. При работе 300 электробусов у них получилось, что требуемая мощность составит 0,53 Мвт. Учитывая также, что Санкт-Петербург обеспечивается электроэнергией более 10 электростанций, суммарная мощность которых превышает 5 ГВт и Ленинградская Атомная электростанция, с вырабатываемой мощностью около 3ГВт, около 50 % энергопотребления. Таким образом, мощность, необходимая для подзарядки электробусов составляет примерно 0,01 % от мощности, которую могут вырабатывать электростанции города. Авторы утверждают, что мощность, потребляемая в Санкт-Петербурге, составляет в среднем 2,7 ГВт, поэтому даже в случае внедрения электробусов город вполне справится с этой нагрузкой.

При этом Москва и Санкт-Петербург являются не единственными городами мира, где осуществляется переход на электрический транспорт. Например, в Лондоне текущий парк электробусов насчитывает 71 транспортное средство.

В Париже первая электрическая линия была открыта в 2016-м. К 2025 году планируют заменить 80% парка. В Мадриде 20 электрических автобусов.

В Барселона два городских маршрута заменяют на электрические [7].

Берлин является одним из первых столиц в мире, в которой создали полностью электрическую линию, запустив 4 автобуса.

В Амстердаме первые 40 автобусов запустили в 2016-м, а полный переход на электрический транспорт планируется к 2025-м.

В Варшаве началась реализация проект по запуску электробусов в центре города, уже есть один полностью электробусный маршрут.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим обстановку в г. Москве. На сегодняшний день общественный транспорт Москвы представлен: автобусами, трамваями, троллейбусами, метро, электропоездами и др. Планируемое обновление транспорта представлено на рис. 3 [8].

В настоящее время всего в городе около 977 маршрутов автобусов, 34 троллейбусов, 41 трамваев [9]. Общее количество транспортных средств около 6500 ед.

С сентября 2018 до сегодняшнего дня были заменены автобусы на электробусы 8 маршрутов, троллейбусов на электробусы 12 маршрутов (рис.4). Всего в Москве на 25.01.2020, по словам главного инженера ГУП «Мосгортранс» Павла Хмелёва, работают 300 электробусов на 20 маршрутах.



Рис. 4. Обновление подвижного состава. [9, 10]

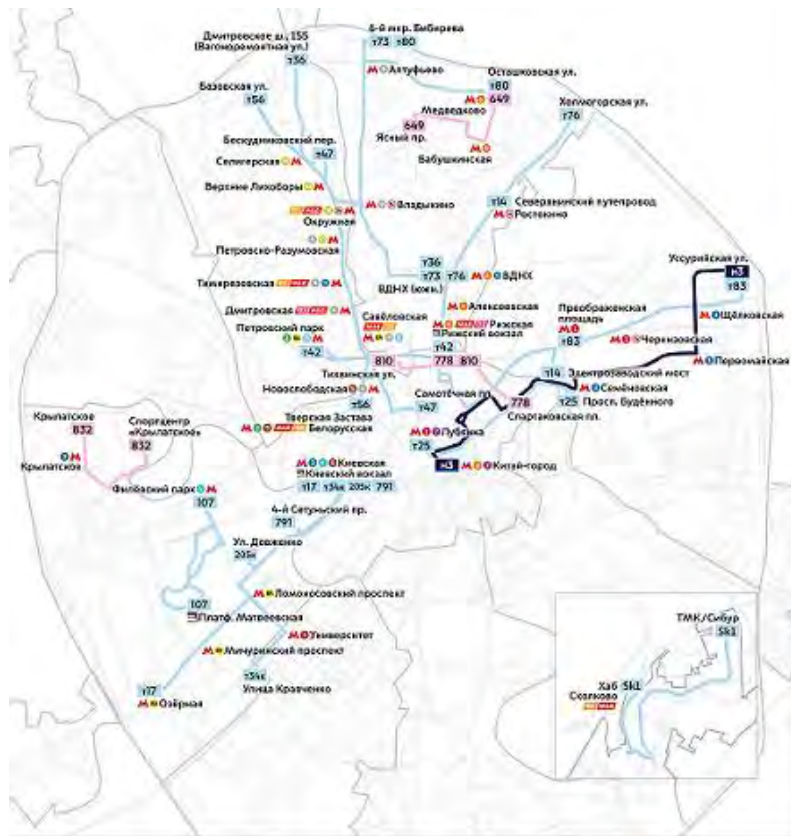


Рис. 5. Схема маршрутов электробусов [11]

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Проанализировав вышесказанное можно сказать следующее:

С сентября 2018 года произошла замена 8 маршрутов автобусов на электробусы, что составило около 1 % от общего количества автобусных маршрутов. Замены троллейбусов на электробусы, составляет порядка 26%. В отличие от троллейбусов, которые и так являются электрическим транспортом, электробусы более маневренные, не зависят от проводов и не перекрывают проезжую часть при проблемах с электричеством. Что касается трамвайной сети, то в настоящее время ведутся работы по ее реконструкции, на линии выходят новые современные модели трамваев, поэтому пока замена трамваев электробусами не предусматривается.

## ВЫВОДЫ

В настоящее время большое внимание уделяется экологичности общественного транспорта. Одним из наиболее экологичных видов транспорта в большом городе считается электрический транспорт, такой как троллейбус, трамвай, электрички. В последние несколько лет в городе Москве активно идет обновление парка общественного транспорта, при этом троллейбусы и часть автобусов уже были заменены на электробусы, к концу 2021 года их

количество планируется увеличить до 900 единиц. Электробус по сравнению с автобусами имеет ряд достоинств таких как бесшумность, отсутствие вибрации, отсутствие выхлопных газов и др., что является более комфортным для жителей и пассажиров.

Конечно, массовый переход от бензинового и газового транспорта к электрическому создаст много трудностей, связанных с обеспечением электричеством. Поэтому авторы данной статьи считают, что переход должен быть постепенным, при этом необходимо модернизировать тепловые электростанции с целью уменьшения выбросов, или рассматривать возможности перехода на АЭС.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сахапов Р.Л, Замилев М.А. Электробус: за и против// Техника и технология транспорта. 2018. № 3 (8). С. 11
2. Надич О.А., Карев В.Ф. Преимущества эксплуатации электробусов // Современные тенденции развития науки. Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. Под общей редакцией А.И. Вострецова. 2018. С. 85-88
3. Гнатов А.В., Аргун Щ.В., Быкова Е.В., Пидгора А.В. Электробус на суперконденсатор для городских перевозок// Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета . 2016. № 72. С. 29-34
4. Красиво и комфортно: Москва продолжает обновлять парк трамваев [электронный ресурс]: <https://www.mos.ru/news/item/53583073/> (дата обращения: 10.04.2020)
5. С 1 по 30 сентября проезд на электробусах будет бесплатным [Электронный ресурс]: <https://www.mos.ru/mayor/themes/2299/4961050/>. (дата обращения: 10.04.2020)
6. Темиргалиев Е., Воронцова К.А. Расчет соотношения потребления электроэнергии электробусами с производимой мощностью электростанций города Санкт-Петербург //Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. 2017. С. 233-235.
7. Алексеев А.А., Дмитриева Е.Е. Темиргалиев Е.Р. Анализ существующих типов электробусов и внедрение их в городскую сеть на примере города Санкт-Петербург / Неделя науки СПбПУ Материалы научной конференции с международным участием. Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли. 2018. С. 138-141
8. Скрипко Л.А. Электробус на городском маршруте //Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 2(26). С. 33-35

9. Обновление подвижного состава. [Электронный ресурс]:  
[https://transport.mos.ru/common/upload/public/file/pres/Плакат\\_поступление\\_транспорта\\_до.jpg](https://transport.mos.ru/common/upload/public/file/pres/Плакат_поступление_транспорта_до.jpg). (дата обращения: 10.04.2020)
10. Список маршрутов по режиму буднего дня [Электронный ресурс]:  
[https://transport.mos.ru/mostrans/for\\_journs/presentations\\_list#!](https://transport.mos.ru/mostrans/for_journs/presentations_list#!) . Дата обращения: 10.04.2020
11. Московский электробус [Электронный ресурс]:  
<https://transport.mos.ru/transport/elektrobus>. (дата обращения: 10.04.2020)

## СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРОДА ОРЕНБУРГА И ОБЛАСТИ

**Карих Е.Ю.**

Студент 1 курса 11 группы ИИЭСМ НИУ МГСУ

**Научный консультант: Криночкина О.К.**

канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В данной статье рассмотрена экологическая ситуация города Оренбурга и области. Используются программы MicrosoftWorld и MicrosoftExcel, с помощью которых построены таблицы, диаграммы и гистограммы, содержащие сводную информацию о состоянии региона, для изучения объектов экологии: атмосферы, гидросферы и биосферы Оренбургской области. В ходе работы было выявлено постепенное ухудшение состояния окружающей среды из-за основных источников загрязнения – промышленных предприятий.

Данные, взятые из Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды», наглядно показывают тенденцию роста концентрации вредных веществ в атмосфере. Прделанная работа позволит жителям Оренбурга принять взвешенное решение по борьбе с основными источниками загрязнений.

**Ключевые слова:** загрязнение окружающей среды, источники загрязнений, экология Оренбурга.

### **ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день ситуация, связанная с экологическим состоянием Оренбурга, требует особого внимания. Поэтому правительство Оренбургской области ведет контроль над загрязнением окружающей среды, улучшением качества природной среды и условий жизни населения. Но действий только со стороны власти недостаточно, сами жители должны понимать бедственность ситуации и предпринимать действенные меры по борьбе с источниками загрязнений. Вопрос экологии в нашей стране актуален и по сей день. «Сломать дерево – секунда, а вырастить – года» - возрождение утраченного требует много времени и больших усилий. Поэтому нужно не только восстанавливать потерянное нами, но и предотвращать такие потери.

На территории находится более 1400 предприятий, от которых ежедневно поступают в окружающую среду промышленные выбросы. От такого рода загрязнений страдают флора и фауна: погибают редкие виды животных и растений, ухудшается состояние водных объектов, атмосферного воздуха, почвенных ресурсов. Вследствие промышленных выбросов меняется химический состав не только атмосферы, но и гидросферы и биосферы. Из-за этого в ходе эволюции могут происходить даже мутационные процессы. На данный момент в городе проживает около 565 тысяч человек [1], поэтому проблема экологии требует эффективных решений по улучшению состояния района. От экологии зависит не только здоровье человека, но и его уровень в жизни в целом.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В данном исследовании рассмотрены данные из Государственных докладов за 2018 г [2] и литературные данные на тему «Состояние окружающей среды города Оренбурга». Проанализированы разные источники загрязнений и доля их выбросов от общего объема. А также приведены метеорологические особенности региона и состояние атмосферного воздуха в нем.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Результаты исследования показали, что факторов загрязнения окружающей среды несколько, а именно предприятия топливно-энергетического комплекса (рис.1), которые являются основным «загрязнителем», тепловые, радиационные, шумовые и другие виды излучений, транспорт, сельское хозяйство и тд.



**Рис. 2.** Предприятия топливно-энергетического комплекса г. Оренбурга

Высокое загрязнение атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почвы, а также деградация флоры и фауны на востоке области обусловлены влиянием предприятий горнодобывающей, черной и цветной металлургии, в центральной зоне –

нефтегазохимической промышленностью, машиностроением, в северной и западной зонах – нефтяной, деревообрабатывающей, лесной, пищевой и легкой промышленностью, машиностроением. Необходимо отметить захламление территории области бытовыми и сельскохозяйственными отходами. Большая антропогенная нагрузка на окружающую природную среду оказывает негативное воздействие на состояние здоровья населения. К основным веществам, загрязняющим атмосферный воздух на территории Оренбургской области, относятся: оксид углерода, диоксид серы, оксид азота, сернистый ангидрид, бенз(а)пирен, фенол, сероводород, свинец, формальдегид.

*Предельно допустимая концентрация* – это максимальная концентрация примеси в атмосферном воздухе, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека и его потомства не оказывает и не окажет прямого или косвенного влияния на него (включая отдаленные последствия) и на окружающую среду в целом. Оренбургским ЦГМС (центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды) проводились наблюдения (табл.1) за загрязнением атмосферного воздуха в 5 городах региона (Оренбурге, Орске, Новотроицке, Медногорске, Кувандыке) на 13 стационарных постах, по 27 загрязняющим примесям, в том числе по бенз(а)пирену и 9 тяжелым металлам[3].

**Табл.1.** Максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ

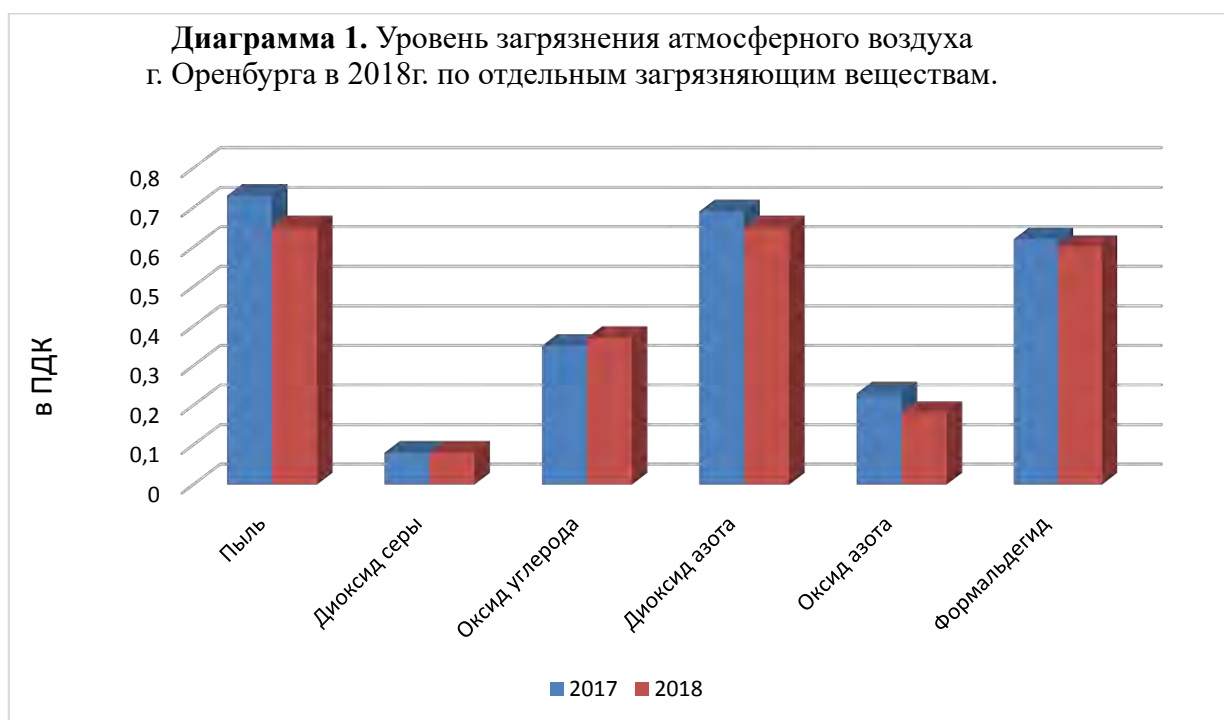
Примесь	Максимальная концентрация, в единицах ПДК <sub>м.р.</sub>	Город, где наблюдалась максимальная разовая концентрация
Диоксид серы	2,5	Медногорск
Оксид углерода	1,8	Оренбург
Оксид азота	0,2	Оренбург
Сероводород	1,8	Медногорск
Формальдегид	1,0	Кувандык
Бенз(а)пирен	6,9	Орск
Фенол	1,7	Орск
Бензол	0,4	Оренбург
Свинец	1,4	Медногорск
Количество городов области с «низким» уровнем загрязнения воздуха, ед.		2 (из 5) Медногорск, Кувандык



Количество городов области с «повышенным» уровнем загрязнения воздуха, ед.	3 (из 5) Оренбург, Орск, Новотроицк
Количество городов области с «высоким» уровнем загрязнения воздуха, ед.	–
Количество городов области со средними концентрациями одного или нескольких загрязняющих веществ выше 1 ПДК, %	100 %

Из вышеуказанной таблицы видно, что не только в Оренбурге имеется превышение ПДК по многим загрязняющим веществам. Благодаря соседскому положению эти города оказывают друг на друга огромное влияние. Увеличение какого-либо вредного вещества в одном городе плохо сказывается на окружающую среду другого близлежащего города. Так, бенз(а)пирен в Орске и диоксид в Медногорске ухудшают состояние атмосферы в административной столице Оренбургской области – в г. Оренбурге.

Опираясь на данные, представленные в Государственном докладе, можно выделить, что в 2018 году уровень некоторых вредных веществ в атмосфере Оренбурга повысился по сравнению с предыдущим годом, а некоторых, наоборот, – понизился. Это наглядно показано в Диаграмме 1, указанной ниже. Оренбургский ЦГМС сделал вывод – уровень загрязнения атмосферы города «*повышенный*», стандартный индекс СИ = 1,8 (по оксиду углерода); наибольшая повторяемость НП = 0,7% (по оксиду углерода)[4].



В 2018 году стационарными постами было зарегистрировано 18 превышений максимально разовых ПДК загрязняющих веществ (Табл.2). Однако случаев высокого и

экстремально высокого загрязнения при наблюдениях на стационарных постах не зафиксировано.

**Табл. 2.** Случаи превышения уровня максимально разовых ПДК

Примесь	Число случаев выше ПДК <sub>м.р.</sub>	Максимальная концентрация в ПДК <sub>м.р.</sub>
Оксид углерода	10	1,8
Диоксид азота	1	1,3
Сероводород	7	1,6

Такое количество превышений загрязняющих, притом одних и тех же, веществ неприемлемо, так как это показывает, что борьба с выбросами вовсе не ведется. Это означает, что предприятия, не взирая на штрафы, точно так же работают, как и раньше, и не соблюдают постановлений от правительства Оренбургской области, не снижая количество выбросов. Помимо этого, концентрация зависит от сельскохозяйственных отходов и деятельности автотранспорта.

Влияние таких веществ является негативным. Оксид углерода вызывает разного рода отравления (головокружение, тошнота, удушье), может привести к смерти. Основным источником оксидов углерода являются транспорт. Оксиды азота образуются при горении нефти, газа и угля. При попадании в атмосферу может вызывать кислотные дожди. Некоторые оксиды азота чрезвычайно вредны и имеют отравляющее действие, другие, напротив, оказывают положительный эффект и используются при наркозе. ПДК оксидов азота 0,06 мг/м<sup>3</sup>. Превышения ПДК были зафиксированы летом 2018 года в Оренбурге после степных пожаров. Сероводород при попадании в организм человека приводит к тошноте, головных болях и головокружению. При больших концентрациях может привести к летальному исходу даже при одном вдохе. Сероводород образуется при гниении органических отходов, поэтому его источниками могут стать канализации, очистные сооружения, пищевая промышленность, а также нефтеперерабатывающие заводы и ряд других предприятий, которые используют сероводород для получения серной кислоты (металлургия, производство удобрений, красок, взрывчатки и т.д.). На территории области регулярно фиксируются превышения ПДК [5].

*Причины, по которым происходит повышение загрязняющих веществ:*

1. Захламление территории бытовыми и сельскохозяйственными отходами;
2. Деятельность автотранспорта;
3. Устаревшее оборудование и технологические процессы;
4. Малая эффективность очистных сооружений;

5. Расположение загрязняющих предприятий в черте населенных пунктов;
6. Несоблюдение регламентных процессов по охране окружающей среды.

#### *Загрязнение поверхностных вод*

В Оренбургской области лишь 5 процентов воды, поступающей по водопроводу, соответствуют нормам, установленным для питьевой воды. При этом, лишь 20-30% населения могут себе позволить использовать индивидуальные фильтры или бутилированную воду.

В Бузулуке особенно тяжелое положение сложилось из-за высокого уровня содержания в воде железа, в десятки раз превышающего допустимые нормативы. Также повышенные концентрации этого вещества характерны и для питьевой воды в Грачевском, Беляевском, Новосергиевском, Тоцком, Ясненском районах, городах Орске, Оренбурге. По сравнению с 2017 годом общее количество сбрасываемых сточных вод в поверхностные водные объекты увеличилось на 26,66 млн. м<sup>3</sup>. Увеличение в значительной мере связано с увеличением объема сбрасываемых нормативно-чистых вод.

Основным источником загрязнения водных объектов, оказывающим значительное влияние на качество вод, являются недостаточно-очищенные сточные воды, сбрасываемые предприятиями жилищно-коммунального хозяйства – 96,48 млн.м<sup>3</sup>. Объем сброса нормативно-очищенных вод в 2018 году составил 1,25 млн. м<sup>3</sup>.

По массе загрязняющих веществ в сточных водах, сбрасываемых в поверхностные водные объекты бассейна реки Урал, увеличилось количество кобальта – на 5,347 кг, нефтепродуктов – на 33,018 т, азота аммонийного – на 11,077 т, ХПК – на 98,536 кг. Показатели остальных загрязняющих веществ в 2018 году заметно снизились.

Несколько лет назад была разработана программа по улучшению качества питьевой воды. Чтобы улучшить качество воды, поступающей из централизованных источников, необходимы огромные вложения на систему очистки воды, а также на замену обветшалых водопроводных труб. Вероятно, такой способ дорогостоящий, оттого и бесполезный, так как 70% этой воды население использует для бытовых нужд. Поэтому устранение причины загрязнения воды является лучшим решением такой проблемы. Один из основных источников загрязнения – свалки. Подземные воды движутся в направлении Сакмарского водозабора от свалки к квартирам горожан.

## **ВЫВОДЫ**

Проделанная работа дала понять, что вопрос состояния окружающей среды в Оренбургской области нельзя оставлять нетронутым. Это проблема касается каждого жителя региона. Поэтому необходимо повышать экологическую грамотность, так как проблемы

требуют решений именно эффективных, а не бесполезных. С улучшением состояния природы улучшится и жизнь людей: примитивная сортировка отходов уже облегчит задачу перерабатывающим заводам. И таких примеров множество, главное помнить одно – что нужно беречь и сохранять свою планету.

Проведенная работа позволила выявить несколько выводов:

1. Основные источники загрязнений – промышленные предприятия, автотранспорт, негативная человеческая деятельность;
2. Отрицательная экологическая ситуация одного города оказывает негативное влияние на состояние окружающей среды соседних районов;
3. Ухудшение химического состава атмосферы отражается на природные процессы в гидросфере, литосфере и биосфере;
4. Число случаев превышений ПДК загрязняющих веществ растет;
5. Установлены причины низкого качества питьевой воды– неконтролируемый сброс отходов предприятий в реку Урал, изношенность водопроводных сетей Оренбургской области.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Численность населения Оренбурга за 2020 год [Электронный ресурс]: <https://ru.aznations.com/population/ru/cities/orenburg> (дата обращения: 16.04.2020)
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2018 году» [Электронный ресурс]: <http://56.rospotrebnadzor.ru/> (дата обращения: 16.04.2020)
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2018 году» //Часть 1. Качество природной среды// стр.15-17, [Электронный ресурс]: <http://56.rospotrebnadzor.ru/> (дата обращения: 16.04.2020)
4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2018 году» // Часть 1. Качество природной среды // стр. 19, [Электронный ресурс]: <http://56.rospotrebnadzor.ru/> (дата обращения: 16.04.2020)
5. Загрязняющие предприятия Оренбургской области// [Электронный ресурс]: <https://zen.yandex.ru/media/id/5c6ae5655f895b00aef0eade/zagrizniaiauscie-predpriiatiia-orenburgskoi-oblasti-5c93d4c06fdaa11196135154> (дата обращения: 16.04.2020)

## **АКТУАЛЬНОСТЬ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭКОДУКОВ**

**Клещёв Г.Д.**

студент 3 курса 2 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научные консультанты: Суздалева А.Л.<sup>1</sup>, Курочкина В.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> д-р биол. наук, профессор кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доцент кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Рассматривается проблема развития строительства экодуков с экологической, экономической и технической точки зрения. Актуальность заключается в том, что проблема строительства экодуков недостаточно изучена в нашей стране и требует комплексного подхода.

Исследования направлены на улучшение взаимодействия между природой и человеком, снижение количества столкновений животных с транспортными средствами, повышение безопасности и сохранение популяций различных видов животных.

Применяя методы математического анализа, были получены следующие результаты. Выгоды от строительства мостовых и туннельных переходов (экодуков) для диких животных - расширение коридоров миграции - перевешивают затраты на их строительство и техническое обслуживание. Теоретически денежные затраты, связанные со строительством и обслуживанием переходов диких животных в экологически важных районах, оправдываются преимуществами, связанными с защитой популяций диких животных, уменьшением имущественного ущерба и, самое главное, спасением жизней водителей и пассажиров за счет уменьшения числа столкновений, вызванных живой природой.

Выводы, сделанные из полученных результатов, могут стать основой не только для улучшения экологического положения в том или ином регионе, но также сыграть роль в увеличении экономической составляющей региона и в росте безопасности дорожного движения.

**Ключевые слова:** экодук, охрана окружающей среды, автомобильный транспорт, дорожно-транспортные происшествия столкновения с животными, сохранение популяций.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Площадь России составляет 17 100 000 км<sup>2</sup>, наше государство является крупнейшим в мире. Российская Федерация находится на 5 месте в мировом рейтинге по такому показателю

как общая протяжённость автомобильных дорог. Это говорит о том, что мы нарушаем ареалы обитания диких животных, что приводит к негативным последствиям. Среда обитания диких животных изменяется, крупные животные стремятся пересечь автомобильные дороги и провоцируют аварийные ситуации. В результате страдают как люди, так и животные. Столкновения диких животных с транспортными средствами очень опасны, поскольку не только приводят к гибели животных и наносят ущерб имуществу, но и приводят к гибели людей. Bruinderink&Hazebroek оценил число столкновений с копытными животными на дорогах Европы. За один год было зафиксировано в 507 000 случаев, в результате которых 300 человек погибло, 30 000 человек получили ранения, а ущерб имуществу превысил 1 миллиард долларов. В более широком масштабе, исследования показывают, что столкновения диких животных с транспортными средствами в Соединенных Штатах приводят к 29 000 травм и более 200 смертельных случаев в год [1]. Сокращение числа дорожно-транспортных происшествий посредством строительства экодучек позволит значительно снизить число пострадавших, а также значительно уменьшить общую сумму материального ущерба.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Система, которая состоит из взаимосвязанных природных, природно-техногенных, техногенных объектов называется управляемая природно-техническая система [2]. Цель специалистов заключается в разработке механизмов управления, т.е. создания управляемых природно-технических систем, так как, в противном случае, развитие чаще всего идет по пути деградации окружающей среды. Парадигму принятия решений, в основу которой положена эта идея, можно назвать креативной. Она подразумевает не только сохранение окружающей среды, но и ее целенаправленную системную трансформацию [3].

В рассматриваемой природно-технической системе мостовые или туннельные переходы для животных (экодучки) являются экологическими регуляторами [4]. От качества работы регуляторов зависит, что будет происходить с окружающей средой: деградация, сохранение или развитие. Наиболее подробный анализ природоохранной деятельности можно провести на основе отчетов и исследований автотранспортных департаментов стран, в которых достаточно широко используются экодучки.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Экодучки - это конструкции переходов, которые предназначены для обеспечения безопасного движения диких животных через дороги. Экодучек может употребляться как общий термин, охватывающий подземные переходы, путепроводы, зеленые мосты, туннели для

мелких и крупных животных (рис.1). Все эти конструкции предназначены для обеспечения природных коридоров над и под дорогой, чтобы животные могли безопасно пересекать её, не подвергая опасности себя и автомобилистов.



**Рис. 1.** Внешний вид экодука

В наш век масштабная сеть дорог всё плотнее покрывает поверхность планеты. Растут мегаполисы, которые требуют всё больше новых дорог. Многие животные пытаются пересечь скоростные магистрали по привычным маршрутам, и возникают аварии.

Разделение среды обитания происходит, когда искусственные барьеры, такие как автомагистрали, железные дороги, каналы, линии электропередач и трубопроводы, строятся всё быстрее и быстрее и тем самым делят среду обитания диких животных. Из них автомобильные дороги имеют наиболее распространенные и пагубные последствия. В течение многих лет экологи и защитники природы документировали результаты этих неблагоприятных последствий. Идентифицируют четыре способа негативного влияния дорог на популяцию диких животных: 1) они уменьшают площадь и качество среды обитания; 2) они увеличивают смертность из-за столкновений диких животных с транспортными средствами; 3) они препятствуют доступу к ресурсам на другой стороне дороги; 4) они делят популяции диких животных на более мелкие и более уязвимые группы. Разделение среды обитания может привести к вымиранию или истреблению вида, если генофонд популяции достаточно ограничен. Первые три эффекта (потеря среды обитания, гибель на дорогах и изоляция от ресурсов) оказывают давление и сокращают популяции животных. Гибель диких животных на дорогах значительно повлияла на численность ряда редких видов в Соединенных

Штатах, включая белохвостых оленей, флоридских пантер и черных медведей. Кроме того, потеря среды обитания может быть прямой, если среда обитания разрушается, чтобы освободить место для дороги, или косвенной, если качество среды обитания рядом с дорогами ухудшается, например, из-за шума, света, загрязнения и др. Наконец, виды, которые не могут мигрировать через дороги, чтобы достичь таких ресурсов, как еда, местообитание и особей противоположного пола, будут испытывать снижение репродуктивности и выживаемости, что может поставить под угрозу жизнеспособность популяции.

Решение этой проблемы было впервые найдено во Франции в 1950-х годах. Были разработаны экодуки, позволяющие животным беспрепятственно пересекать автотрассы. Для размещения экодуков на стадии проекта автодорожных магистралей проводят консультации с экологами, которые в свою очередь наносят звериные тропы и выясняются пересечения с новой дорожной инфраструктурой. В местах пересечения предлагаются различные проекты по обеспечению безопасного перехода диких животных через дорожное полотно. Экодуки - это наилучший выход из сложившейся ситуации. Необходимо правильно подбирать их конструкцию в зависимости от расположения перехода и тех животных, у которых он будет в приоритете, например, в туннелях под дорожным полотном создаётся сильный шумовой фон и не каждое животное осмелится им воспользоваться. А надземные экодуки необходимо проектировать достаточно широкими и высаживать на них растительность, соответствующую данной местности. Необходимы также шумоизолирующие ограждения от проезжей части, во-первых, для того чтобы животные не выходили на проезжую часть, а во-вторых, чтобы переход был более похож на естественную среду обитания, и животные чаще им пользовались.

Проектирование автомагистралей и разработка экодуков традиционно были разделенными видами деятельности, в которых эксперты разрабатывали различные аспекты проекта. Тем не менее, экодуки для диких животных не могут быть спроектированы таким образом по той простой причине, что и люди, и животные имеют разные и иногда конкурирующие потребности, связанные с любой дорожной структурой. Кроме того, некоторые виды предпочитают мостовые переходы, в то время как другие предпочитают подземные переходы. Проектирование инфраструктуры, предназначенной для дикой природы обязательно, является совместным проектом, требующим участия множества экспертов разных направлений, от экологов до архитекторов, ландшафтных дизайнеров, инженеров и транспортных специалистов [5].



## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Перейдём к статистике, к сожалению, в Российской Федерации не ведётся подсчёт дорожно-транспортных происшествий с участием диких животных, поэтому большинство статистических данных бралось из баз данных департаментов США и европейских стран.

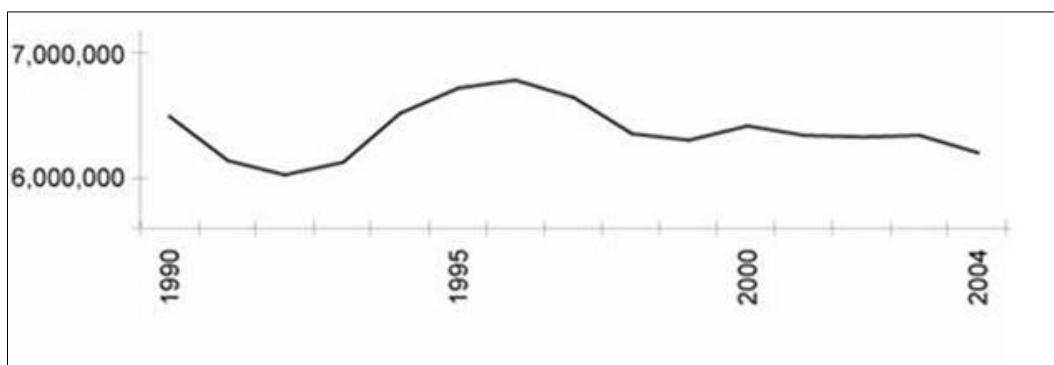
Оценки общего количества столкновений с дикими животными основаны на нескольких источниках, включая статистику ДТП (на основании данных полицейских и дорожных патрулей), подсчетов погибших на дорогах животных, информации о страховых претензиях и интервью с населением.

Национальные базы данных оценивают среднее число зарегистрированных столкновений диких животных с транспортными средствами как в 300 000 в год. Тем не менее, большинство исследователей считают, что количество столкновений существенно недооценено по ряду причин. Базы данных о столкновениях, как правило, исключают ДТП с материальным ущербом менее 1000 долларов, не все водители сообщают о столкновениях с животными, и не все правоохранительные, природные или транспортные агентства имеют ресурсы для сбора подробной информации. Кроме того, многие раненые животные уходят с дороги, прежде чем погибнуть. Используя данные подсчета погибших животных, информацию страхователей, полицейские сводки об авариях, и опросы населения, было уточнено среднегодовое количество столкновений диких животных с транспортными средствами, происходящих в Соединенных Штатах, которое составляет от одного до двух миллионов. Большинство столкновений не приводят к травмам людей (95,4%).

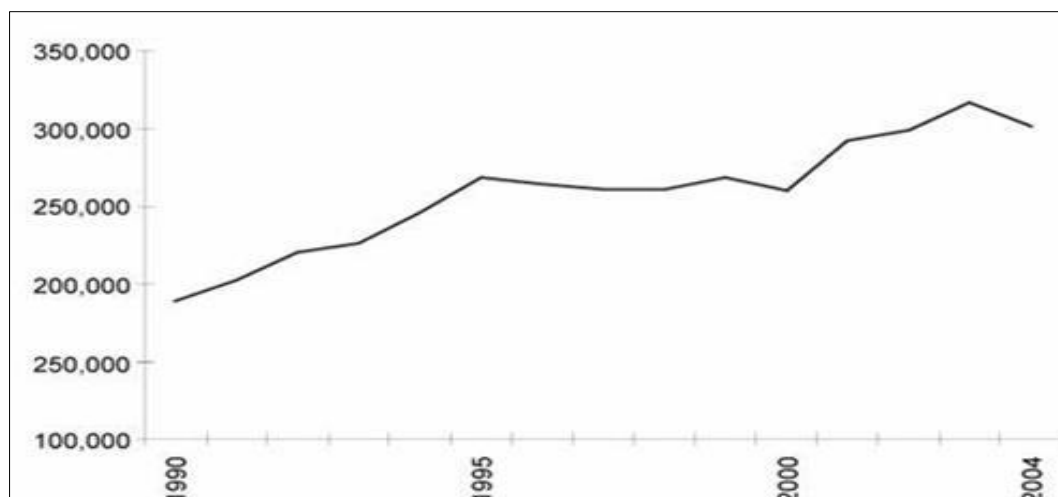
Столкновения с лосями и другими крупными животными могут иметь более высокую вероятность причинения вреда пассажиру транспортного средства.

Исследования показали, что в период с 1990 по 2004 год общее число всех зарегистрированных автомобильных аварий оставалось относительно стабильным и составляло чуть более шести миллионов в год (рис. 2).

Для сравнения, число зарегистрированных ДТП с животными (включая и диких, и домашних) увеличилось примерно на 50% за тот же период, с менее чем 200 000 в год в 1990 году до примерно 300 000 в год в 2004 году (рис. 3). ДТП с животными сейчас составляют примерно 5% от всех зарегистрированных столкновений автомобилей.



**Рис. 2.** Общее количество ДТП в США



**Рис. 3.** Общее количество ДТП с животными в США

Большинство исследований показывают, что более 90% столкновений с оленями приводят к повреждению автомобиля. Почти 100% столкновений с более крупными животными, такими как лось, заканчиваются существенным повреждением транспортного средства. Из-за размера и веса животных повреждение транспортного средства может быть дорогостоящим.

Согласно многочисленным исследованиям, средняя стоимость ремонта автомобиля после столкновения с оленем оценивалась в 1840 долларов. Для столкновений с лосями средние значения увеличиваются до 3000-4000 долларов. Водители могут понести другие прямые расходы, если после аварии их автомобиль должен быть отбуксирован. В случае травмы водители и пассажиры могут столкнуться с расходами на медицинское обслуживание и, возможно, с потерей заработной платы в результате пропущенной работы. ДТП с животными имеют финансовые последствия и для государственных учреждений. Правоохранительные органы сталкиваются с прямыми расходами на расследование и контроль дорожного движения после столкновения. Транспортные агентства обычно несут ответственность за расходы на вывоз и утилизацию погибших животных, а также, при

необходимости, на ремонт инфраструктуры. На основе имеющихся данных общие годовые затраты при ДТП с животными оцениваются в размере 8 388 000 000 долл. США. Столкновения с оленями составляют самую большую категорию, включая человеческие и транспортные расходы [6].

Выгоды использования экодучек для создания и расширения коридоров миграции диких животных над и под основными дорогами, перевешивают затраты на их строительство и техническое обслуживание. По оценкам ряда исследований, добавление пересечений дикой природы к дорожному проекту на 7-8% увеличивает общую стоимость проекта. Теоретически денежные затраты, связанные со строительством и обслуживанием переходов диких животных в экологически важных районах, оправдываются преимуществами, связанными с защитой их популяций, уменьшением ущерба имуществу транспортных средств и, главное, спасением жизней водителей и пассажиров за счет уменьшения числа столкновений, вызванных живой природой. Исследование, проведенное для департамента транспорта штата Вирджиния, показало, что за год по туннельным экодучкам прошло приблизительно 300 оленей, а экономически эффективными - с точки зрения материального ущерба и в зависимости от своей стоимости - экодучки становятся, когда они предотвращают 2,6-9,2 столкновений в год [7].

## **ВЫВОДЫ**

Таким образом, сопоставив положительные и отрицательные аспекты строительства экодучек, можно с уверенностью сказать, строительство экодучек - это выгодная инвестиция, как для заказчиков, так и для экологии в целом. Уменьшение числа столкновений, спасение жизней людей и животных, защита популяций диких животных, а также снижение имущественного ущерба - всё это положительно сказывается на взаимодействии человека и природы. Необходимо исследовать конкретные участки автодорог и разрабатывать на них уникальные проекты экодучек для определённых видов животных. Чем больше подобных построек, тем гармоничнее человек будет жить в тесной взаимосвязи с природой.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Rodney van der Ree. Handbook of road ecology. 2015. №2 С. 11-15
2. Суздалева А.Л. Природно-технические системы: авторский сайт [Электронный ресурс]: <http://www.ntsyst.ru>

3. Суздалева А.Л. Экологическая глобалистика и устойчивое развитие на этапе техногенной трансформации биосферы // Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2020. № 1. С. 6–11
4. Суздалева А.Л. Создание управляемых природно-технических систем. М.: ИД Энергия, 2016. 160 с.
5. U.S. Department of Transportation. Руководство по строительству экодуков. 2011. №4. С. 9-18
6. U.S. Department of Transportation. Wildlife-vehicle collision reduction study: report to congress. 2008. №3. С. 4-17
7. Donaldson B. M. The use of highway underpasses by large mammals in Virginia and factors influencing their effectiveness. 2012. №1. С. 10-26

## **ВЫБОР ШАГА ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ПРИ МОНИТОРИНГЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ**

**Коротеева М. С.<sup>1</sup>, Бажин П. В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>студенты 4 курса 1 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный руководитель: Алисултанов Р. С.**

старший преподаватель кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Урбанизация территорий, повышение плотности городской застройки приводят к необходимости внедрения в практику строительства все более совершенных конструктивных решений, это, в том числе, связанных с увеличением этажности, длины пролета и использованием нестандартных методов при расчете конструкций. Внедрение современных конструктивных схем приводит к существенному облегчению сооружений, снижению материалоемкости удешевлению строительства. Вместе с тем вырастает степень ответственности объектов строительства. Системные наблюдения за состоянием строительных конструкций, осуществляемые в том числе в квазинепрерывном режиме, позволяют заблаговременно выявить зарождающиеся деструктивные процессы и принять меры к их ликвидации. Одним из средств мониторинга является геодезический контроль положения ограниченного количества наблюдаемых марок, жестко закрепленных на конструкциях. Снять ограничения по количеству наблюдаемых точек позволяет тахеометрическая съемка, осуществляемая в безотражательном режиме. Совокупность перечисленных факторов определяет актуальность использования тахеометрической съемки в качестве инструмента системы мониторинга состояния объекта строительства.

**Ключевые слова:** тахеометрическая съемка, безотражательный режим, выбор шага съемки, обследование зданий и сооружений, мониторинг зданий и сооружений и их конструкций, отклонение от проектного положения, предотвращение развития чрезвычайных ситуаций.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В процессе эксплуатации строительных объектов их конструкции испытывают различного рода воздействия проявляющиеся в изменении их формы. Эти изменения напрямую связаны с геометрией конструкции (ее толщиной), модулем упругости её материала

и величиной воздействия, т.е. возникающими в ней механическими напряжениями. Мониторинг состояния строительного объекта, как система наблюдений за параметрами составляющих его элементов, проводимая с заданной периодичностью, позволяет своевременно выявить деструктивные процессы, принять меры к их устранению и тем самым обеспечить безопасность дальнейшей эксплуатации.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Необходимость проведения мониторинга отмечено в ряде публикаций и, в частности [1–9]. Особую актуальность приобретают системы мониторинга за зданиями исторической застройки [10]. Существуют различные методы и средства мониторинга. Так, например, в работе [11] на основе проведенных исследований проблем, связанных с мониторингом технического состояния конструкций строительных объектов, отмечается важность измерения форм собственных колебаний этих объектов. Разрабатываются системы управления техническим состоянием на основе систем мониторинга [12] и моделирования деформационных процессов [13].

Среди различных систем мониторинга следует отметить геодезический мониторинг, т.е. осуществление системных наблюдений за деформациями наблюдаемого объекта. Перспективность и необходимость такого мониторинга отмечается в [14–16]. Фактическое положение элементов сооружения оказывает существенное влияние на его прочность и устойчивость [17].

Подробный обзор средств и методов наблюдения за деформациями дан в работе [18]. Экспериментальные исследования способов контрольного положения отражены в [19]. Деформационный мониторинг, данные которого учитываются в пространственной модели сооружения позволяет определять наиболее уязвимые места [20–22]. Следует отличать разовые, периодические и постоянные наблюдения за деформациями [23]. Опыт использования автоматизированных систем мониторинга деформаций на олимпийских объектах изложен в [24], в условиях плотной городской застройки в [25], для гидротехнических сооружений в [26], исторических зданий в [27]. Вопросы мониторинга линейных деформаций изложен в [28], нелинейных поверхностей в [29].

Контроль деформаций может быть осуществлен различными способами. К ним относятся: лазерное сканирование [30–32], которое позволяет определить сейсмические нагрузки, как утверждается в работе [33]; фотограмметрия [34]; инклинометрия [35] и тахеометрическая съемка [36].

Системы мониторинга технического состояния в соответствии с [37] устанавливаются на потенциально опасных, особо опасных, технически сложных и уникальных объектах. Так же в соответствии с [38] при ограниченно работоспособном техническом состоянии строительных конструкций зданий и сооружений их дальнейшая эксплуатация возможна при мониторинге технического состояния.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Геодезический мониторинг является одним из наиболее действенных средств мониторинга строительных конструкций. Наблюдения, как правило, ведутся за относительными смещениями сети деформационных марок, жестко закрепленных на наблюдаемых конструкциях. Недостатками таких наблюдений являются ограниченность количества марок и невозможность определения деформаций конструкций, состоявшихся до начала наблюдений.

Увеличение количество марок не всегда возможно из эстетических соображений и соображений обеспечения их сохранности. Эти недостатки легко устранимы при проведении трехкоординатной тахеометрической съемки, осуществляемой в безотражательном режиме и не требующей установки стационарных марок. Недостаток, связанный с определением деформаций, состоявшихся до начала замеров, может быть устранен по средствам математической обработки полученных данных, при условии введения гипотезы о начальной форме исследуемой поверхности. Количество и качество исходных данных для такой обработки является предметом рассмотрения в данном материале.

Любая конструкция при воздействии проектных или вне проектных нагрузок испытывает деформации. По деформациям можно судить о прикладываемых нагрузках и о возможности дальнейшей эксплуатации. Задача состоит в оптимальном выборе количества точек съемки, позволяющей выявить все возможные деформации конструкции.

В 1933 году В.А. Котельниковым в работе «О пропускной способности «эфира» и проволоки в электросвязи» [39], была сформулирована теорема, суть которой заключается в том, что если аналоговый сигнал не содержит в своем спектре частот выше  $f_{\max}$ , то его можно идеально точно восстановить по дискретным отсчетам, взятым с частотой большей  $2f_{\max}$ . Если мы определим наивысшую частоту возможных статических деформаций конструкции, то мы определим и частоту съемки.

В теореме Котельникова частота определяется функцией амплитуды сигнала от времени. В нашем случае частота – это функция величины деформаций по длине или поверхности наблюдаемого элемента конструкции. Задача заключается в том, чтобы

определить минимальную протяженность участка деформации, которую мы в состоянии зафиксировать.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения указанной задачи введем предположение о том, что в сечении ортогональном исходной поверхности объекта, его деформация может быть описана дугой окружности радиуса  $R$ . Обозначим  $A$  минимальную деформацию, которую мы в состоянии определить, используя те или иные средства геодезических измерений.

Проводя тривиальные преобразования, в соответствии со схемой, представленной на рис. 1, из треугольника  $OAB$  по теореме Пифагора, с учетом того, что  $A \ll B$ , получим:

$$L = \sqrt{2RA} \quad (1)$$

Величина  $A$  определяется точностью средств измерения. Величина  $R$  напротив – физическими свойствами конструкции. Полагая, в первом приближении, изотропности однородность наблюдаемой конструкции, можно использовать для определения радиуса ее кривизны общеизвестную формулу [40]:

$$1/R = M / EJ \quad (2)$$

где  $M$  – изгибающий момент,  $E$  – модуль упругости материала,  $J$  – момент инерции сечения.

Изгибающий момент можно выразить через механические напряжения  $\sigma$ , возникающие в конструкции, и момент сопротивления  $W$ , а именно:  $M = \sigma W$ . В свою очередь  $M = 2J / t$ , где  $t$  – толщина исследуемой конструкции. Так же,  $\sigma = E\varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – относительная деформация.

Подставляя выражения для  $M$ ,  $W$  и  $\varepsilon$  в (2) получим:

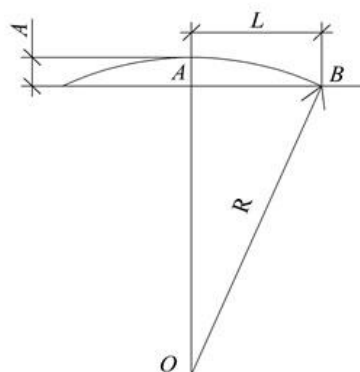
$$R = t / 2\varepsilon \quad (3)$$

Возможный радиус кривизны элемента найден. Подставив его значение в (1) получим:

$$L = \sqrt{tA / \varepsilon} \quad (4)$$



Таким образом, мы получили выражение для определения максимального шага тахеометрической съемки, позволяющей выявить изгиб конструкции на величину  $A$ .



**Рис. 1.** Схема определения протяженности деформируемого участка

В первом приближении можно считать, что предельная относительная деформация для строительных материалов составляет  $10^{-3}$ . Величина  $A$  не может быть меньше точности измерений, принимаемой, в первом приближении, равной 2 мм, т.е.  $A=2$ мм. Толщина стены из сборного железобетона составляет порядка 250 мм. Подставляя эти, ориентировочные значения в формулу (4) получим шаг измерения равным 700 мм.

При этом  $R$ , определенный по формуле обратной (1), составит порядка 120 м. Полагая, что предельная относительная деформация растяжения для кирпича равна  $1,5 \cdot 10^{-4}$ , а толщина стен зданий, особенно исторической застройки, составляет не менее 750 мм. Получаем шаг съемки равным 3000 мм, а радиус кривизны более 2 км.

Данный метод был применен при обследовании здания переменной этажности. На рис.2 представлены изолинии, проведенные с шагом 10 мм, построенные по точкам исходной съемки, так же приведенным на рисунке.

Используя приведенные зависимости можно определить шаг тахеометрической трехкоординатной съемки, позволяющей выявить потенциально опасные для наблюдаемой конструкции зоны.

Если количество точек достаточно для выявления функциональной зависимости величины отклонения уот координаты  $x$ , то радиус кривизны  $R$  может быть определен по зависимости:

$$R = \frac{(1+(y')^2)^{3/2}}{|y''|} \quad (5)$$

Анализируя расположение изолиний в зоне с наибольшим градиентом деформации (центральная зона по рис.2), возможно ориентировочно определить радиус кривизны поверхности исследуемой стены. В частности, используя схему, представленную на рис.1, получим радиус кривизны исследуемой поверхности около 35 м.

Сравнивая полученные значения с вышеопределенными радиусами кривизны для бетона и кирпича, нетрудно заметить, что стена имеет недопустимую кривизну.

Это может быть связано как с условиями нагружения, так и с исходной кривизной поверхности при возведении здания. Сопоставляя полученные значения кривизны с допусками, существовавшими на момент возведения здания, можно сделать вывод о состоянии сооружения на данный момент.



**Рис. 2.** Изолинии торцевой стены четырехэтажного здания с надстройкой

## **ВЫВОДЫ**

Использование приведенной выше методики обеспечивает достижения цели исследования, а именно оптимизации шага тахеометрической съемки.

Размещая геодезические марки, в случае съемки по маркам, или наводя визирную ось тахеометра на заданные точки, в безотражательном режиме, мы сможем определить все возможные деформации конструкций не приводящих к их разрушению. Таким образом происходит с одной стороны уменьшение стоимости производства работ, с другой стороны-

улучшается качество их использования за счет выявления всех возможных деформаций конструкций. Сопоставляя фактическую геометрию конструкции с ее проектным положением, можно сделать вывод о степени внешнего воздействия и о состоянии конструкции в момент проведения измерений. Периодическая тахеометрическая съемка позволяет выявить динамику деструктивных процессов и принять своевременные меры к предотвращению развития чрезвычайных ситуаций.

Для окончательного решения вопроса о шаге съемки необходимо провести исследования по изучению точности наведения тахеометра в различных режимах в т.ч. с учетом качества наблюдаемой поверхности, что может послужить темой дальнейших исследований.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кустикова Ю.О., Подгорных С.Е. Мониторинг технического состояния зданий и сооружений как неотъемлемая часть комплексного подхода для своевременного контроля за объектами городской среды // Научное обозрение. 2016. № 11. С. 107–111.
2. Ginzburg A., Kachanov S. Methodology for building automated systems for monitoring engineering (load-bearing) structures, and natural hazards to ensure comprehensive safety of buildings and constructions // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Т. 11. № 3. С. 1660–1665.
3. Svalova V. Landslides modeling, monitoring, risk management and reduction // Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe. 2016. Т. 11. № 4. С. 43–52.
4. Demenev A.V. Information modeling on operation of buildings and structures В сборнике: Перспективные исследования в науке: теория и практика The Collection of Scholarly Papers. London, 2016. С. 195–199.
5. Ruvinskaya V.M., Troynina A.S., Berkovich E.L., Bilovzorov O.O. Rules of expert system for safety monitoring: checking on completeness and consistency // Труды Одесского политехнического университета. 2015. № 2. С. 103–110.
6. Завалишин С.И., Хлыстунов М.С., Могилюк Ж.Г. Проблемы достоверности проектного моделирования и мониторинга технического состояния зданий и сооружений // Экология урбанизированных территорий. 2015. № 4. С. 35–41.
7. Симонян В.В., Шмелин Н.А., Зайцев А.К. Геодезический мониторинг зданий и сооружений как основа контроля за безопасностью при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений // Москва, 2016. (2–е издание)

8. Симонян В.В., Шмелин Н.А., Зайцев А.К. Геодезический мониторинг зданий и сооружений // Москва, 2015. Сер. Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ
9. Platonov V., Shaposhnikov V., Aleksandrov A., Gaina A. Development and application of monitoring systems for increasing reliability and safety of vessels and offshore structures // В сборнике: Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference 26. Сер. "Proceedings of the 26th International Ocean and Polar Engineering Conference, ISOPE 2016" 2016. С. 646–650.
10. Шестеров Е.А., Панин А.Н. Особенности обследования технического состояния строительных конструкций зданий исторической застройки Санкт-Петербурга // в сборнике: Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании сборник материалов международной научной конференции. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». 2017. С. 298–302.
11. Gaidaichuk V.V., Kotenko K.E., Tkachenko I.A. Mathematical method of diagnostic technical condition of the largescale building structure // Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe. 2017. № 1-1 (17). С. 105–114.
12. Запацикова Н.П. Методика управления техническим состоянием и оценки долговечности навесных вентилируемых фасадов // в сборнике: Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании сборник материалов международной научной конференции. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». 2017. С. 821–825.
13. Sokolov M.V., Prostov S.M. Modeling of geomechanical processes case of uneven settling of foundations constructions // В сборнике: Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety 2016. С. 206-212.
14. Мелькумов В.Н., Ткаченко А.Н., Казаков Д.А., Хахулина Н.Б. Перспективы применения геодезических методов наблюдения за деформациями пневматических опалубок // Научный журнал строительства и архитектуры. 2015. № 1 (37). С. 51–58.
15. Симонян В.В., Шмелин Н.А. О необходимости геодезического контроля для наблюдений за смещениями зданий и сооружений // Инженерные изыскания. 2015. № 4. С. 60-64.

16. Шевченко А.А., Буртасова А.Э., Глазков Р.Е. О необходимости выполнения постоянного геодезического деформационного мониторинга // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2016. № 10. С. 39–48.
17. Belostotsky A.M., Akimov P.A., Kaytukov T.B., Petryashev N.O., Petryashev S.O., Negrozov O.A. Strength and stability analysis of load-bearing structures of evolution tower with allowance for actual positions of reinforced concrete structural members // Procedia Engineering. 2016. Т. 153. С. 95–102.
18. Морозов А.А., Грибкова Л.А., Шаповалов В.Л. Обзор методик наблюдения за деформациями при инструментальном обследовании зданий и сооружений // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2016. № 8. С. 64–74.
19. Шеховцов Г.А., Шеховцова Р.П., Ивенин Д.П., Раскаткина О.В. Экспериментальные исследования способов контроля пространственного положения строительных конструкций // Геодезия и картография. 2017. № 4. С. 7–12.
20. Середович В.А., Аврунев Е.И., Плюснина Е.С. Построение пространственной модели инженерного сооружения при осуществлении деформационного мониторинга // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. Т. 3. № 2. С. 89–97.
21. Барина Т.А., Катрич А.Е. Деформационный мониторинг зданий и сооружений // в сборнике: научные достижения и открытия современной молодёжи сборник статей победителей международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2017. С. 1575–1576.
22. Пархоменко Н.А., Сабиров Р.Р. Создание пространственной модели деформационного процесса по результатам геодезического мониторинга осадок здания // в сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития геодезии, землеустройства и кадастра недвижимости в условиях рыночной экономики Материалы национальной научно-практической конференции. 2017. С. 155–159.
23. Бандуров В.И., Гура Д.А., Терещенко С.В., Суслов Д.С., Туляев И.А., Игнатъев В.С. Отличие постоянного и периодического мониторинга деформаций. Перспективы внедрения на производстве // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2016. № 2. С. 80–85.
24. Шахраманьян А.М., Колотовичев Ю.А. Опыт использования автоматизированных систем мониторинга деформационного состояния несущих конструкций на олимпийских объектах сочи-2014 // Вестник МГСУ. 2015. № 12. С. 92–105.

25. Казанцев А.И. Геодезический мониторинг деформаций зданий и сооружений в условиях уплотненной городской застройки // *Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире*. 2015. № 12-1. С. 127–129.
26. Олейник А.Ю., Макшанов А.В., Марлей В.Е. Разработка системы мониторинга деформаций гидротехнических сооружений на основе интернет-технологий и микроконтроллеров // *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова*. 2015. № 1 (29). С. 215–222.
27. Zenoni A. Historical building stability monitoring by means of a cosmic ray tracking system // в сборнике: 2015 4th International Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, ANIMMA 2015 4. 2015. С. 7465542.
28. Usanov S.V., Ruchkin V.I., Zheltysheva O.D. Monitoring linear deformation of buildings and structures // *Journal of Mining Science*. 2015. Т. 51. № 4. С. 724–729.
29. Petrochenko A.V., Konyakhin I.A. Remote optoelectronic sensors for monitoring of nonlinear surfaces // в сборнике: *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* 2015. С. 950626.
30. Kuznetsova I., Kuznetsova D., Rakova X. The use of surface laser scanning for creation of a three dimensional digital model of monument // *Procedia Engineering*. 2015. Т. 100. С. 1625–1633.
31. Takhirov S., Mosalam K.M., Moustafa M.A., Myagkova L., Quigley B. Laser scanning, modeling, and analysis for damage assessment and restoration of historical structures // в сборнике: *COMPDYN 2015 – 5th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering* 5. 2015. С. 2375–2395.
32. Гура Т.А., Грибова Е.А. Перспектива внедрения наземного лазерного сканирования при мониторинге зданий и сооружений // в сборнике: *профессионал года 2017 сборник статей победителей IV Международного научно-практического конкурса*. 2017. С. 123-128.
33. Rovithis E., Makra K., Savvaidis A., Kirtas E., Marini E., Bliziotis D., Maltezos E., Pitilakis D. Assessment of seismic loading on structures based on airborne lidar data from the kalochori urban area (n. Greece) // В сборнике: *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* 4. Сер. "Fourth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment, RSCy 2016" 2016. С. 96880M.

34. Golovina S., Kanyukova S. Photogrammetry and laser scanning for reconstruction and restoration of historical buildings // MATEC Web of Conferences. 2016. Т. 73. С. 01008.
35. Хиллер Б. Цифровые инклинометры в системах автоматизированного геодезического мониторинга деформаций // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2015. № 6. С. 23–30.
36. Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Желтко Ч.Н. Определение координат точек электронным тахеометром для мониторинга сооружения // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. 2017. Т. 17. № 1. С. 174–176.
37. ГОСТ Р 22.1.12–2005 «Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования».
38. ГОСТ Р 5378–2010 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
39. Котельников В.А. О пропускной способности "эфира" и проволоки в электросвязи // УФН 176 762–770. 2006.
40. Варданян Г.С. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности // М. АСВ. 1995.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В ГОРОДСКОМ ОКРУГЕ ОРЕХОВО-ЗУЕВО

**Коцкий И. К.**

Студент 2 курса 16 группы ИИЭСМ НИУ МГСУ

**Научный консультант: Криночкина О.К.**

канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В статье рассмотрена экологическая ситуация городского округа Орехово-Зуево Московской области. В основном проанализировано состояние атмосферного воздуха, почв и водных ресурсов. Для исследования использовались библиографические материалы, собранные сотрудниками Орехово-Зуевского краеведческого музея, а также оперативная информация из периодических печатных изданий и данные сайта городского округа Орехово-Зуево. В результате проведенных исследований была выявлена динамика изменения показателей загрязнения, установлены основные причины загрязнения атмосферного воздуха и водных объектов и почв. В процессе исследования использовались методы статистического и графического анализа.

**Ключевые слова:** загрязняющие вещества, производство, промышленность, атмосфера, почвы, водные ресурсы

### **ВВЕДЕНИЕ**

Изучение экологии своей «малой Родины» дает возможность через знания об особенностях наличия и расположения крупных производственных объектов, являющихся основными загрязнителей, понять необходимость активного участия в деятельности, направленной на решение экологических проблем. Это важно потому, что экологические проблемы родного края более доступны для его понимания и знание возможных путей решения этих проблем является для него жизненно необходимым.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Для исследования использовались библиографические материалы, собранные за много лет работниками Орехово-Зуевского историко-краеведческого музея, а также оперативная



информация из периодических печатных изданий – газет «Орехово-Зуевская правда», «Своя газета». Кроме того, были использованы данные сайтов городского округа и Муниципальной Программы «Экология и окружающая среда городского округа на 2017-2021 годы» [1]. В процессе исследования использовались методы статистического и графического анализа.

Орехово-Зуевский городской округ располагается в восточной части Московской области в 80 - 90 км к востоку от Москвы, в пределах Мещерской низменности, расположенной в междуречье рек Москвы и Клязьмы., занимает фактически центральное положение по отношению к наиболее экономически развитой части нашей страны. [2, 8]

Орехово-Зуевский округ расположен в старом промышленном районе России, что обуславливает высокую степень загрязнения окружающей среды (ОС) и истощение местных видов природных ресурсов. Основные источники загрязнения приведены в таблицах 1-2[3], а их расположение показано на рисунке 1 [4].



**Рис.1.** Расположение крупных объектов загрязнения окружающей среды

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наиболее остро проблема загрязнения воздуха промышленными, транспортными и бытовыми отходами стоит для густонаселенных местностей с развитой промышленностью и густой сетью транспортных магистралей, какой и является большая часть Орехово-Зуевского округа.

**Табл. 1.** Крупные объекты негативного воздействия на окружающую среду (НВОС) 2-ой категории федерального уровня надзора на 2018 год.

	Название организации	Вид деятельности, производства	Объём выбросов (тонн в год)
1	ООО «Ликийский автобус» (ЛиАЗ)	Производитель автобусов среднего, большого и особо большого класса.	57,31
2	ОАО "Демиховский машиностроительный завод"	Головное российское предприятие по разработке и серийному производству электропоездов пригородного и областного сообщения постоянного и переменного тока.	242,6
3	ООО "АКВАТОН РУС"	Крупнейший производитель мебели для ванной комнаты в России и СНГ.	92,85
4	ООО «МИШЛЕН Компания по производству шин»	Выпускаются автомобильные шины под марками Michelin, BF Goodrich. Имеется единственный в компании цех шипования.	132,67
5	Московская дирекция тепловодоснабжения структурное подразделение Центральной дирекции по тепловодоснабжению - филиал ОАО "РЖД"	Оказание услуг по тепловодоснабжению и водоотведению объектов железных дорог ОАО "РЖД".	213,2
6	ОАО "Российские железные дороги"	Грузовые и пассажирские перевозки.	98,45

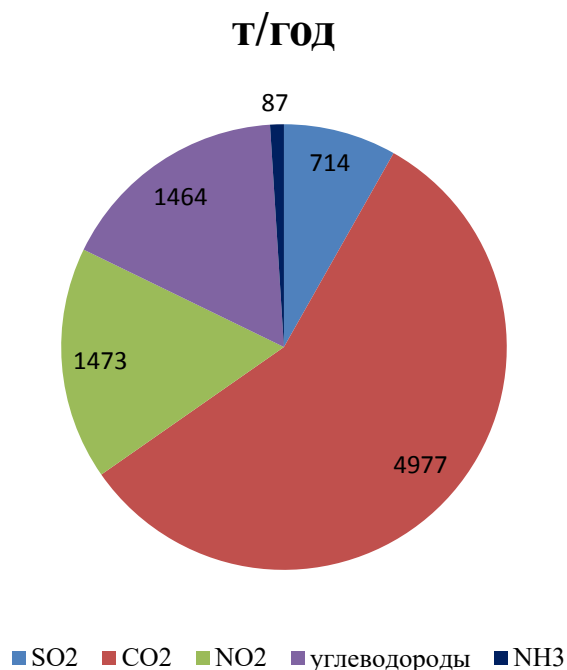
7	ООО "Орехово-Зуевская Теплосеть" (ТЭЦ-6)	Снабжение тепловой и электрической энергией предприятий города, а также местных жителей.	194,6
8	Филиал ГУП Московской области "Комунальные системы Московской области" "Орехово-Зуевские тепловые системы" Территория "Полянская	Обеспечивает потребность жителей и организаций в горячей воде и теплоснабжении. Подготавливает объекты к отопительному сезону, а также ремонтирует надземные и подземные коммуникации.	135,96
9	АО "Научно-производственное предприятие "Респиратор"	Является разработчиком и производителем кислородно-дыхательной аппаратуры для авиации, флота, МЧС и медицины.	12,44
10	"Автоколонна №1793" филиал ГУП МО "МОСТРАНСАВТО" г. Орехово-Зуево	Управление и обслуживание городского транспорта. Осуществляет автобусные междугородние перевозки.	213056,8

**Табл. 2.** Крупные объекты негативного воздействия на окружающую среду (НВОС) 1-ой категории федерального уровня надзора на 2018 год.

	Название организации	Вид деятельности, производства	Объем выбросов (тонн в год)
1	Полигон ТБО "Малая Дубна"	Полигон принимает для захоронения твердые коммунальные отходы.	5263,68

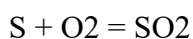
В составе атмосферных выбросов присутствуют: сернистый ангидрид  $SO_2$  (714,7 т/год), окись углерода  $CO_2$  (4977, 573 т/год), окись азота  $NO_2$  (1473,479 т/год), углеводороды (1464, 539 т/год), аммиак  $NH_3$  (87, 276 т/год), азотная кислота  $HNO_3$  и серная кислота  $H_2SO_4$ , а также ряд других веществ, например, соединения тяжелых металлов – свинца, висмута и др. (рис. 2) [5] Сернистый ангидрид, образующийся в основном при сжигании различных видов топлива,

является причиной повышения заболеваемости респираторными заболеваниями и особенно бронхитами.



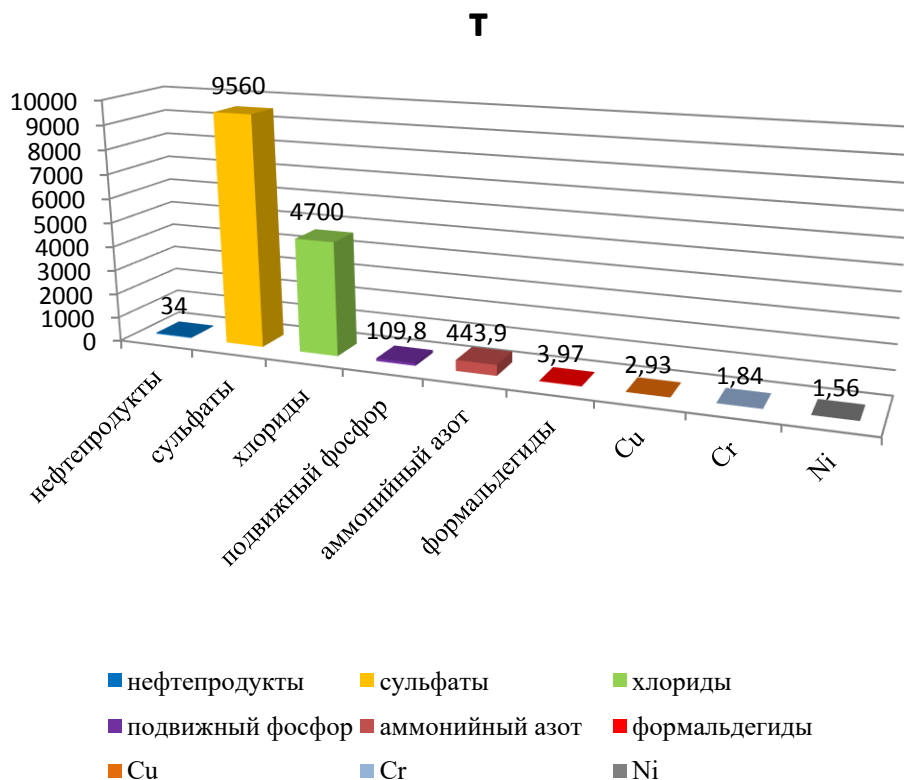
**Рис.2.** Вредные вещества в составе атмосферных выбросов

Кроме этого, растворяясь в каплях атмосферной влаги, соединения серы в результате каталических, фотохимических и других реакций образуют раствор сернистой кислоты (H2SO3):



Соединения серы вызывают повышение кислотности почвы, что снижает эффективность применяемых минеральных удобрений на пахотных землях.

Проблема качественного изменения запасов пресных вод, приводящая в конце концов к возрастанию дефицита водных ресурсов, возникает в основном при загрязнении водоемов промышленными и бытовыми отходами. Это относится в равной мере как к жидким, так и к твердым видам отходов. Так, вместе со сточными водами в водоемы Орехово-Зуевского округа ежегодно попадает 34 тонн нефтепродуктов, 9,56 тыс. тонн сульфатов, 4,7 тыс. тонн хлоридов, 109,8 тонн подвижного фосфора, 443,9 тонн аммонийного азота, 3,97 т формальдегидов, 2,93 тонн меди Cu, 1,84 тонн хрома Cr, 1,56 т никеля Ni и ряд других не менее опасных для органической жизни веществ (рис.3). [5] К этому списку надо добавить и огромное количество твердых отходов в виде строительного и бытового мусора, автомобильных покрышек и т. п., которое по вине жителей также попадает в наши водоемы.

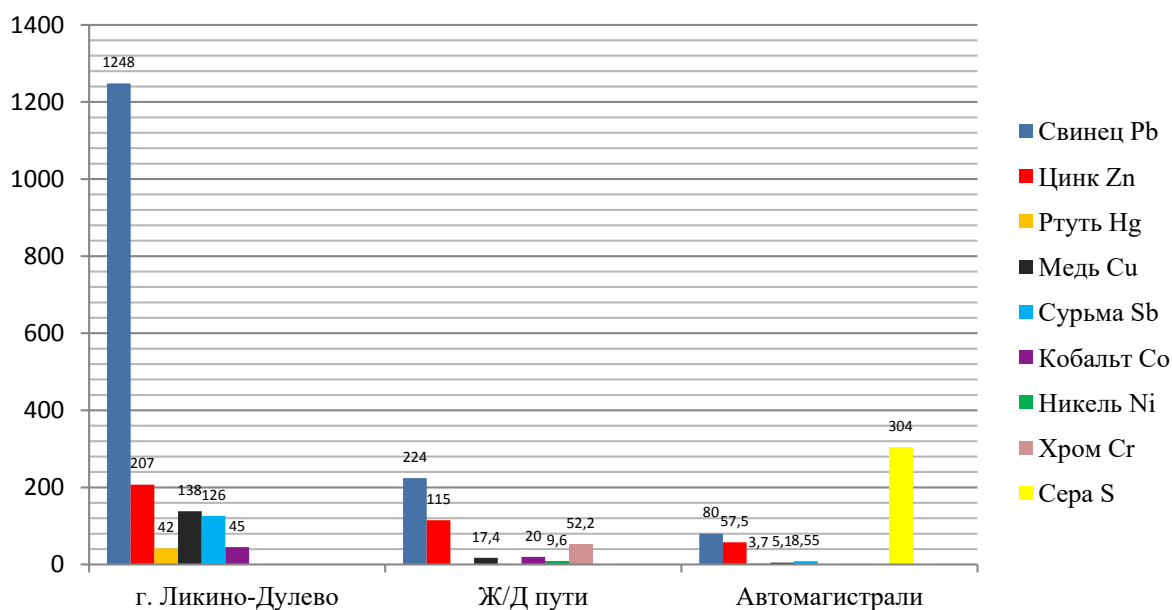


**Рис.3.** Вредные вещества в составе водоемов округа

Загрязнение вредными веществами почв и грунтов является важно проблемой региона. В настоящее время на территории Орехово-Зуевского района существуют два полигона твердых отходов (ТБО):

- «Малая Дубна» - в 11 км к северо-западу от г. Орехово-Зуево и в 2 км от д. Малая Дубна, площадью 14,8 га.

- «Заволенье» - в 2 км восточнее г. Куровское и в 500 м к югу от д. Заволенье, площадью 5 га. [6]. По данным комплексного геохимического обследования г. Ликино-Дулево, количество накопившихся в дециметровом слое почвы химических элементов составило: свинца Pb – 133 т (до 39 ПДК), цинка Zn – 161 т (до 9 ПДК), ртути Hg – 0,17 т (до 20 ПДК), меди Cu – 52 т (до 46 ПДК). Кроме этого выявлены очаги загрязнения такими опасными для здоровья человека химическими элементами, как сурьмой Sb (28 ПДК), кобальтом Co (9 ПДК), и рядом других. Наряду с такими очагами загрязнения грунтов как Дулевский фарфоровый завод, Дулевский красочный завод, «ЛиАЗ» была выявлена высокая концентрация загрязняющих веществ вдоль железнодорожных путей (никель Ni – 2,4 ПДК, хром Cr – 8,7 ПДК, свинец Pb – 7 ПДК, медь Cu – 5,8 ПДК, цинк Zn – 5 ПДК, кобальт Co – 4 ПДК) и автомагистралей (свинец Pb – цинк Zn – 2,5 ПДК, сера S – 1,9 ПДК, сурьма Sb – 1,9 ПДК, медь Cu – 1,7 ПДК, ртуть Hg – 1,8 ПДК (рис.4) [7].



**Рис.4.** Количество вредных веществ в грунтах, мг/кг

## ВЫВОДЫ

1. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются следующие промышленные предприятия: "Автоколонна №1793" филиал ГУП МО "МОСТРАНСАВТО" г. Орехово-Зуево; Открытое акционерное общество "Демиховский машиностроительный завод".

2. Загрязнению поверхностных вод края способствует его положение в пределах Мещерской низменности, что обуславливает застойный режим циркуляции поверхностных и подземных вод. Вместе с тем определенный вклад в их загрязнение вносят промышленные и бытовые отходы, как и жидкие, так и твердые. Ежегодно со сточными водами в водоемы Орехово-Зуевского округа попадает 34 тонн нефтепродуктов, 10,24 тыс. тонн сульфатов, 4,7 тыс. тонн хлоридов, 109,8 тонн подвижного фосфора, 443,9 тонн аммонийного азота, 3,97 т формальдегидов, 2,93 тонн меди Cu, 1,84 тонн хрома Cr, 1,56 т никеля Ni и ряд других не менее опасных для органической жизни веществ. А также огромное количество строительного и бытового мусора.

3. Загрязнение почв вызвано в основном деятельностью Дулевского фарфорового завода, Дулевского красочного завода, «ЛиАЗ» и ОАО «Железные дороги».

## БИБЛИОРГАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Экология и окружающая среда городского округа Орехово-Зуево Московской области на 2017-2021 годы. [Электронный ресурс]: <http://www.ozmo.ru/mprograms/textprogram/18193-1738Б.Б.> (дата обращения: 18.04.2020)

2. Вагнер, Б.О. Манучарянци «Геология, рельеф и полезные ископаемые московского региона», Москва, 2003
3. Городской портал Орехово-Зуево [Электронный ресурс]: <http://www.orehovozevo.com/> (дата обращения: 18.04.2020)
4. Официальный сайт городского округа Орехово-Зуево [Электронный ресурс]: <http://www.ozmo.ru/> (дата обращения: 16.04.2020)
5. Экологический паспорт Московской области [Электронный ресурс]: <http://ecopassmo.mosreg.ru/> (дата обращения: 16.04.2020)
6. ФГБУ «Центральное УГМС» [Электронный ресурс]: <http://ecomos.ru/kadr22/postyGidroNimMoskovskojOblasti.asp> (дата обращения: 17.04.2020)
7. Информационный выпуск «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2017 году»
8. Почвенная карта. – 1:1 500 000 // Атлас Московской области. – М.: ГУГК, 1976.

## **АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ СКЛАДСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Кренц Ю. В.**

студентка 4 курса 7 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научные консультанты: Субботин А. С.<sup>1</sup>, Алабин А. В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>кандидат наук, доцент кафедры СОТАЭ НИУ МГСУ

<sup>2</sup>старший преподаватель кафедры СОТАЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В работе изучены модернизированные технологии строительства и современные решения установки мобильных складских сооружений, которые подтверждают актуальность возведения строений такого типа. Согласно предмету исследования, в статье раскрыты преимущества рассматриваемого способа строительства в глобальных масштабах и в контексте влияния его текущего развития на многочисленные сферы жизнедеятельности. Придерживаясь поставленных целей, приведены общие теоретические данные о складских помещениях вместе с примерами различных применяемых современных материалов и технологий. Подводя итоги, доказана положительная динамика роста спроса и востребованности быстровозводимых складских сооружений, что является основополагающим фактом для заключения вывода о том, что на повестке дня стоит вопрос о необходимости строений, которые могут соответствовать надлежащим требованиям хранящихся на складах продукции, сырья и товаров. В соответствии с этим, подтверждена актуальность строительства мобильных складских сооружений.

**Ключевые слова:** Складские сооружения; строительство; мобильность; быстровозводимые сооружения; развитие; материалы.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Актуальность построения мобильных складских сооружений в настоящее время обусловлена непрерывным развитием сферы промышленности, строительства, торговли и политики. Упомянутые области деятельности увеличивают потенциал широкого пользования быстровозводимых зданий и преумножает потребность в их усовершенствовании. Особенно



следует подчеркнуть величину спроса на рассмотрение поставленной задачи, так как строительство- это непрерывно прогрессивная область науки и техники, которая на сегодняшний день является одной из основных отраслей национальной экономики [1].

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

В ходе анализа научных трудов, произведенных в течении последних лет, в данной статье рассмотрен широкий спектр тем, которым посвящена далее упомянутая в литературе. В ней поднимаются экологические проблемы, связанные с производством бетона и бетонных изделий [2,3], что делает упор на проблематике изготовления такого материала без пагубного воздействия на окружающую среду. Этот факт предоставляет возможность стремиться продвигать строительство с наименьшим использованием вышеприведенного ресурса, которую использует строительство мобильных сооружений.

Также в публикации о новых возможностях для сельского и загородного строительства, подчеркнуты преимущества быстровозводимых зданий в условиях сельских местностей, где ограничен бюджет на строительство, следовательно, предъявлены высокие требования к его стоимости.

Кроме того, в работе на тему применения государственно-частного партнерства при строительстве логистических центров и сбыту сельскохозяйственной продукции [4, 5] авторами затронуты возможные решения наиболее экономичного строительства, в котором применяются быстровозводимые - мобильные сооружения. Более того представлена тесная взаимосвязь между государством, предпринимательством и сельским хозяйством, где важна экономия средств, которой можно добиться, используя наиболее выгодные методы строительства [6].

Вместе с тем одним из наиболее информативных источников в области истории развития пневматических конструкций [7], которые одновременно могут быть применены в строительстве мобильных складских сооружений, была изучена статья, цель которой заключалась в обзоре пневматических конструкций начиная с 40-х годов XX века и заканчивая настоящим временем.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В данной статье произведен теоретический анализ литературы, научных публикаций и исследований, который подтверждает значимость и актуальность строительства мобильных складских сооружений в многочисленных сферах человеческой деятельности, а также

раскрывает широкий спектр технологий, которые используются в том числе в настоящее время для возведения построек данного типа.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В первую очередь при рассмотрении поставленной задачи немаловажно структурировать систему подразделения мобильных складских сооружений по их ключевым признакам. На российском рынке складских помещений представлено несколько типов складов. Наиболее общая классификация представляет собой деление на соответствующие международному стандарту складские помещения и не соответствующие ему. Площадь складов, соответствующих международным стандартам, не превышает 300 тыс. м<sup>2</sup>. Единого и утвержденного деления на классы здесь тоже не существует [2]. Вопреки данному утверждению ряд агентств и консалтинговых компаний предлагают собственные разработки типизаций складов. Одним из примеров оглашенной тенденции является такая компания как SwissRealty Group, которая выдвинула собственную систематизацию в 2004 году. Однако в соответствии с рядом мнений она имеет многочисленные несоответствия объективной картине рынка, в связи с чем наравне рассматривается также и классификация от компании KnightFrank. Такое разнообразие подтверждает факт того, что строительство мобильных складских сооружений полностью структурированная сфера с внутренними закономерностями, а также интенсивным развитием.

Перспективу к решению поставленной задачи открывает спрос, существующий на рынке промышленности, на строительство мобильных складских помещений. Их достоинства перед объектами капитального строительства состоят в сроках возведения, а также возможности размещения в местах, где их расположение является наиболее удобным с перспективой их переноса на другое место. Первостепенным фактором при создании проектных решений на возведение построек данного рода является то, что такие сооружения без затруднений отвечают запросам эстетичности, функциональности и эргономичности, которые зависят от габаритов и условий хранения складированной продукции, ее объемов и типа. Также не менее важно принимать во внимание разнообразие средств механизации и автоматизации, так как должно учитываться пространство для работы погрузочно-разгрузочной техники.

На данный момент на рынке строительных компаний предоставляется широкий выбор предложений по устройству мобильных складских сооружений. Вариативность включает в себя возведение складов с использованием легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК). Для монтажа такого типа каркаса не возникает перед застройщиком необходимости в привлечении к работам тяжелой специальной техники, и появляется допустимость

сокращения некоторого числа рабочих, входящих в состав звеньев монтажных бригад. Не последним по значимости также является то, что в современном обществе главную нишу в обсуждении среди средств массовой информации занимает проблема экологии, где уделяется особое внимание вопросам, связанным с производством бетона и бетонных изделий, которые воздействуют на окружающую среду [3]. В свою очередь материалы здания, построенные по технологии ЛСТК, безопасны для здоровья и окружающей среды [4].

В равной мере с вышеупомянутым аспектом, связанным с глобальными проблемами человечества важно уделить внимание экономической сфере, и какую роль строительство мобильных складов оказывает на нее. Существенную часть обсуждений в данной области на текущий момент занимает возможность применения механизма государственно-частного партнерства при строительстве логистических центров по переработке и сбыту сельскохозяйственной продукции. Комплексы такого рода закладывают в себе условия надежности и экономичности. Одной из возможностей достичь наиболее выгодного процесса строительства можно используя модульные здания, здания из металлокаркаса и ограждающих конструкций из сэндвич панелей, а также возможно рассмотреть здания тентового типа [5]. Конструкции тентовой модификации - это в свою очередь быстровозводимые ангары с кровлей из высокопрочного армированного поливинилхлорида (ПВХ), которые уникальны с точки зрения функциональности и возможности применения. Основным конструктивным элементом каркаса являются двухшарнирные арочные фермы из стального профиля. Они имеют большую несущую способность при малой материалоемкости, благодаря своей легкости и прочности, могут выдерживать высокие ветровые и снеговые нагрузки, вследствие чего их возведение возможно в любой местности и в любое время года. Малая материалоемкость конструкций позволяет избежать основательных и массивных фундаментов и существенно снизить расходы. Светопроницающая кровля в последнее время становится популярным конструктивным решением, так как позволяет решить вопрос экономии электроэнергии - в дневное время не требуется дополнительного освещения. Возможно изготовление ангаров с двойным тентом. В этом случае воздушная прослойка значительно снижает теплопотери. Преимуществом рассматриваемой технологии является высокая ремонтпригодность, так как покрытие ПВХ легко и быстро поддается демонтажу и установке, впоследствии простая и оперативная замена элементов конструкции.



**Рис. 3** Тентовый ангар

Также стоит рассмотреть пневмокаркасные конструкции, которые можно использовать для построения мобильных складских сооружений наряду с иными целями. Такое направление исполнения строительства имеет значительное преимущество перед остальными видами, так как обладает вариативностью форм для возводимых сооружений. Положительный показатель такого рода является весомым в связи с тем, что расположение складских помещений имеет возможность быть не только за пределами города, но и в его черте. С целью наиболее отчетливого представления об информации рассматриваемого способа возведения конструкций, принят во внимание пример пневмокаркасного сооружения для передвижной выставки ледяных скульптур. Оно состоит из замкнутых элементов арочной формы, где каждый из них отдельно надувается воздухом и является полностью герметичным. Необходимо акцентировать внимание, что здания выполнены из специальной ткани прочностью  $300 \text{ кг/5см}^2$ . Также внутри предоставляется возможность поддерживать необходимую температуру на протяжении заданного времени, которое может определяться целями эксплуатации сооружения, а в случае складского помещения может зависеть от вида хранимого сырья и срока удержания его в построенном помещении. Данное свойство позволило осуществить задачу по поддержанию такого температурного режима, при котором во время выставки сохранилась целостность льда. Кроме того, примененный тип стеновой конструкции обеспечил полную светонепроницаемость, что гарантировало абсолютную темноту в помещении. В соответствии с интервью АСТА М (выпуск «Мобильные быстровозводимые здания и сооружения/ Пневмокаркасные здания» от 7.01.2016) данное здание было возведено в период восьми дней с учетом осложнения монтажа расположением фонтана по центру возводимого павильона, а также плиткой покрытия на территории выставки достижений народного хозяйства (ВДНХ). Затруднения такого характера были решены при помощи использования бетонных плит, к которым было прикреплено здание. В тех местах,

где сооружение стояло на грунте- ввинчивались винтовые сваи. Дополнительной особенностью выражается напорное оборудование, которое расположено внутри, и загоняет холодный воздух в межстеночное пространство. Срок эксплуатации данного сооружения, заявленный компанией по его строительству, составляет 15 лет.



**Рис. 4** Пневмокаркасное сооружение в городе Москва, 2015 год

В текущем контексте необходимо дополнительное доказательство строительства мобильных складских сооружений как развивающегося направления в строительстве. Свидетельством вышеприведенного утверждения является технология возведения складских помещений по принципу воздухопорных сооружения. Такое изобретение было запатентовано в Союзе Советских Социалистических Республик (СССР) и представляет собой сооружение, включающее оболочку с размещенными на ней элементами жесткости, образующими каркас с автономной системой подачи воздуха, отличающееся тем, что, с целью обеспечения устойчивости сооружения при действии ветровых нагрузок, элементы жесткости выполнены в виде колец ременного сечения по высоте оболочки и установлены в зоне положительного ветрового давления [6]. К настоящему моменту технология возведения сооружений такого рода более усовершенствована и пользуется спросом при строительстве футбольных полей, кортов, выставочных комплексов и складов. Воздухопорная оболочка состоит из шлюза для перехода, оболочки, вентилятора и калорифера. Калорифер требуется, если необходимо поддерживать внутри температуру более высокую, чем снаружи. В нижней части оболочки устраивается силовой пояс, с помощью которого оболочка крепится к основанию. На ленточных бетонных фундаментах крепление мягкой оболочки можно выполнять, используя прижимные пластины, скрепленные с фундаментом. Крепление оболочки к грунту можно осуществить посредством штырей или винтовых свай. Избыточное давление под оболочкой не превышает  $500 \text{ Н/м}^2$  и человек его не ощущает [7]. Одним из складов, который служит примером такой технологии является складское помещение в городе

Дмитров (Россия), площадь покрытия которого составляет 2340 м<sup>2</sup>. Типом оболочки служит материал Polymar-8556, материал термооболочки Polymar-8205.



**Рис.5.** Воздухоопорное складское помещение в городе Дмитров, 2008 год

Перечисленные складские мобильные сооружения в большинстве относятся к складским строениям закрытого типа, но важно подчеркнуть, что возводятся и склады, которые по своему устройству бывают открытыми и полужакрытыми [8]. Полужакрытые склады - это навесы для хранения строительных материалов и иных изделий, которые требуют только защиты от выпадающих атмосферных осадков. Преимущество их в отличие от открытых заключается в том, что не создается сплошной тени и образовывается защита от осадков и ветра, в том числе, в зависимости от кровли, зимой способны выдержать снегопад и обледенение. Выбор такого типа актуален при хранении определенной разновидности товаров и сырья, которые не требуют строго ежесуточного поддержания температурно-влажностного режима, освещенности.

## **ВЫВОДЫ**

Теоретический анализ и аналитическое сравнение научных трудов последних лет указывают на то, что строительство мобильных складских сооружений занимает устойчивую и прогрессирующую позицию не только в узкой промышленной сфере, но также экономической и политической, что указывает на актуальность выбранного принципа строительства. Проведенная работа доказывает непрерывность разработки качественных и доступных строительных материалов, повышения скорости возведения складских сооружений с долгосрочными и высоконадежными свойствами. Существенным выводом является заключение о том, что складские помещения также определяют характер хранения сырья и товаров и в дополнение к этому предоставляют возможность проведения гибких логистических процессов. В результате изучения различных источников допускается прогнозировать дальнейший рост актуальности строительства мобильных складских

помещений с возможным частичным замещением капитального строительства складов и амбаров.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Котина М.Ю.* Понятие "строительство" в широком и узком смыслах: правовой аспект //Журнал: Экологическое право. Издательство: Издательская группа "Юрист" (Москва) 2016. № 5. С. 15—19.
2. *Левкин Г.Г.* Основы логистики // Издательство: Инфа-Инженерия 2018
3. *Азаренко Д.В., Горovenko Л.А.* Экологические проблемы, связанные с производством бетона и бетонных изделий //Сборник трудов конференции развития природоохранной системы и экологии города. Издательство: Армавирский государственный педагогический университет (Армавир)2017. С.136-138
4. *Смирнова Е.* ЛСТК: Новые возможности для сельского и загородного строительства //Журнал: Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. Издательство: КомпозитXXI век. 2011. № 3. С. 30-31
5. *Субботин А.С., Кренц Ю.В., Тарасенкова А.А.* The possibility of using the PPP mechanism (public-private partnership) in the construction of logistics centers for processing and marketing of agricultural products. (Возможность применения механизма ГЧП (государственно-частного партнерства) при строительстве логистических центров по переработке и сбыту сельскохозяйственной продукции) //IOP ConferenceSeries: EarthandEnvironmentalScience 421 (2020) 022001 doi:10.1088/1755-1315/421/2/022001
6. *Арсеньев Л. Б., Подобедов С.В., Поповский Б.В., Ермолов В.В., Никиреев В.М., Даниляк И.А., Фионичев В.И., Поляков В.П.* Воздухоопорное сооружение //Советский патент 1976 года по МПК E04B1/345SU528373A1
7. *Кривошапко С.Н.* Пневматические конструкции и сооружения //Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2015, № 3 С. 45-53
8. *Антончик Т.В., Корнилова М.В.* Виды складов сыпучих материалов //Сборник статей международной научно - практической конференции 25 декабря 2017 г.Часть 3 Издательство: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна" (Уфа) С. 17-19

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОДСЧЁТА ОБЪЁМА КОТЛОВАНА

**Кудина В. С.<sup>1</sup>, Янченко А.П.<sup>1</sup>**

Студент 3 курса 6 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный руководитель: Курочкина В. А.<sup>1</sup>, Яковлева И. Ю.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>канд. техн. наук, доцент каф. ИИиГЭ НИУ МГСУ

<sup>2</sup>старший преподаватель каф. ИИиГЭ НИУ МГСУ

### Аннотация

**Цели:** найти простой способ для подсчета котлована, с использованием математические формул, позволяющие проверить объемы, подсчитанные с использованием программных комплексов ТОPOCAD и CIVIL.

**Предмет исследования:** объемы котлована, вычисленные с использованием различных математических формул и программы AutoCAD (для определения площадей) и с помощью специальных программных комплексов ТopoCAD и CIVIL.

**Материалы и методы:** выполнено определение объемов котлована с помощью набора формул и программных комплексов.

**Результаты:** выполнен сравнительный анализ полученных объемов котлована.

**Выводы:** проанализированы в полученные результаты, были сделаны выводы о применении определённых методов подсчета объемов котлована и даны различные рекомендации.

**Ключевые слова:** котлован, объем котлована, земляное сооружение, рабочая отметка, верхняя бровка котлована, нижняя бровка котлована.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время практически не одно строительство зданий и сооружений не обходится без проведения земляных работ, связанных с раскопкой котлована. Работы по раскопке котлована относят к наиболее массовым, тяжелым и затратным видам строительных работ. Начальным этапом проектированием любого здания и сооружения является определение объема земляных работ, вызванных устройством котлована или траншеи. При этом стоимость разработки грунта может составлять от 180 до 1000 рублей за 1м<sup>3</sup>. Поэтому правильное определение объемов котлованов и траншей на стадии проектировании зданий и сооружений, а также при подтверждении уже выполненных объемов раскопки котлована является актуальным. Расчет объемов котлована с использованием программных продуктов ТopoCAD и CIVIL позволяет



достаточно быстро определить объем любого котлована, но при этом очень сложно проверить правильность вычислений. Часто в практике, встречаются случаи, когда по техническим причинам одна или несколько точек оказались расположены не верно, и как следствие объем будет вычислен не верно. Поэтому очень важно определить простой равнозначный способ, который позволил бы быстро проверить объем, рассчитанный с применением TopoCAD и CIVIL.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

При строительстве любого здания или сооружения, а также планировке и благоустройстве территории ведут разработку грунта. Рассуждая об уровне качества земляных сооружений, авторы статей [1,2] определяют совокупность строительных процессов, которые приводят к получению заданного конечного результата. Для выполнения качественного земляного сооружения, прежде всего, необходимо выбрать эффективную технологию производства с применением комплексов высокопроизводительных и экономичных средств механизации, о чем более подробно описывается в статье [1]. Устройство котлована - наиболее ответственная часть сооружения для возведения подземной части здания. *Летникова Д.В. и Еременко Р.Б.* в статье [3] приводят подсчет объема земляных работ по сетке квадратов. Для вычисления объема грунта, попавшего в разработку, существуют основные формулы, в основе которых лежит подсчет объема образовавшейся геометрической фигуры. Котлованы, траншеи и насыпи в большинстве своем имеют сложную форму и в этом случае фигуры разбиваются на несколько более простых и правильных геометрических тел, подсчитывается и суммируется их объем.

Целостное представление об определении объема работ также приводят в своих статьях авторы [4,5]. *Афоничев Д.Н.* [4] информирует о совершенствовании профильного расчета в системе автоматизированного проектирования. Автор обращает внимание на существенный недостаток ручного метода, по которому невозможно получить истинный результат из-за влияния сложных геометрических форм конструкции земляного полотна. Расчет объемов работ является трудоемким, поэтому разработку земляных сооружений предусматривают в системах автоматизированного проектирования, как, TopoCAD [6]. Авторы статей [7] представляют комплексную программу на основе технологии BIM – AutoCAD Civil 3D. С помощью данного программного обеспечения значительно ускоряется и облегчается процесс проектирования и визуализации площадных объектов. Группа авторов дает более подробное описание результатов и анализ обработки топографической съемки. Стоит отметить, что для съемки земляных масс применяют высокоточные устройства, дающие возможность максимально точно подсчитать их объем.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

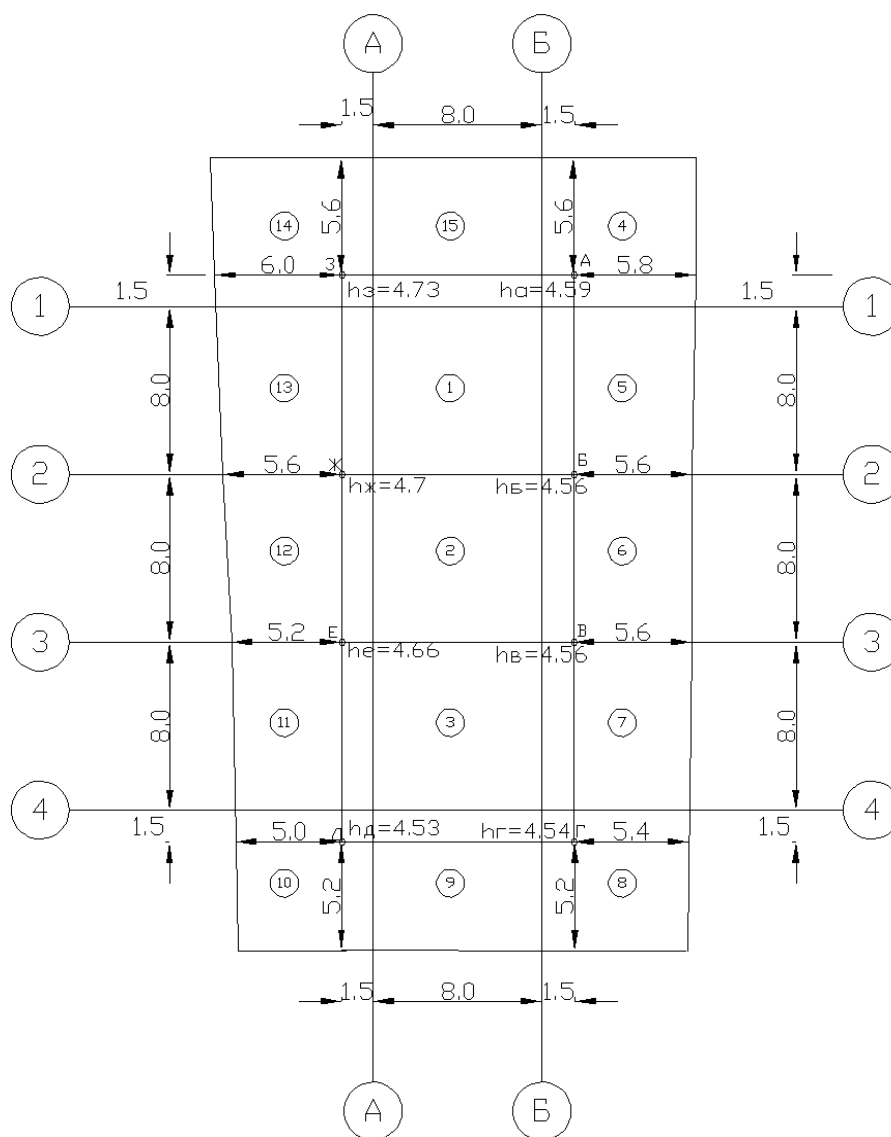
В ходе последующей работы инженеров-строителей, задачи определения объема земляных работ решаются при помощи ряда методов, описанных в специальной литературе. Данные методы предусматривают разбиение площади на геометрические фигуры - как правило, прямоугольники и треугольники с последующим вычислением отметок их вершин и объемов полученных трехмерных фигур. Однако точность данных методов сильно зависит от правильного выбора размеров фигур разбиения, положения границ между фигурами, а также неровности реального рельефа местности. Для повышения точности производимых расчетов следует производить разбивку полученных геометрических фигур на как можно более мелкие элементы, однако при ручном подсчете объемов это невозможно. Решить данную задачу позволяет использование программных комплексов, способных произвести разбивку имеющихся фигур на конечные элементы, наиболее близко повторяющие реальный рельеф местности. При этом вопрос оценки достоверности полученного результата часто остается открытым, что, в свою очередь, отражается на качестве проекта и его сметной стоимости.

В зависимости от вида математических фигур ручные способы определения объемов делятся на следующие: способ квадратных призм; способ треугольных призм; способ суммирования рабочих отметок центров тяжести квадратов; способ горизонтальных пластов; способ изораб; способ вертикальных профилей. Общий принцип для всех вышеперечисленных способов- это разбивка земляного тела на правильные геометрические фигуры.

Рассмотрим использование некоторых способов подсчета котлована на следующем примере. Исходные данные: топографический план строительного участка в с нанесенными на него основными осями здания, расстояние между соседними осями  $L=8,00$ м, проектная отметка дна котлована  $H_D = 16,00$  м, крутизна откоса  $k = \frac{1}{m} = \frac{1}{1,2}$ , ширина пазух  $l_{\Pi} = 1,15$  м и  $l_C = 0,35$ м от осей до наружной грани фундамента, расстояние от осей до нижней бровки котлована  $d_H = l_{\Pi} + l_C = 1,15 + 0,35 = 1,50$  м. Верхняя бровка была построена графическим способом, путем нахождения линий пересечения плоскостей откосов с поверхностью земли. Расстояния от нижней до верхней бровки были определены графически. Для всех точек по нижней бровке котлована были вычислены рабочие отметки по формуле:

$$h_i = H_i - H_D,$$

где  $H_i$  – отметка поверхности земли в  $i$ -ой точке, определяется интерполированием по плану. Схема исходного котлована приведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Исходный котлован

**Способ 1.** Для определения объемов земляных работ контур котлована разбивают на простые фигуры: прямоугольники 1,2,3, трапеции 5,6,7,9,11,12,13,15, четырехугольники 4,8,10,14 (рис. 1).

При определении объемов земляных работ тела, образованные в результате разбивки контура котлована на фигуры, с некоторой погрешностью принимают за тела правильной геометрической формы, а вычисление объемов осуществляют по известным из геометрии формулам.

Объемы тел в фигурах 1,2,3 определим, как объемы прямоугольных параллелепипедов по формуле:

$$V_1 = a \cdot b \frac{(h_a + h_b + h_{ж} + h_3)}{4};$$

Объемы тел в фигурах 4,8,10,14 определим как объемы четырехугольных пирамид по формуле:

$$V_4 = \frac{(d_1+d_3)(d_2+d_4) \cdot h}{12};$$

Объемы тел в фигурах 5,6,7,9,11,12,13,15 определим как объемы треугольных призм по формуле:

$$V_9 = \frac{(d_1 \cdot h_1 + d_2 \cdot h_2) \cdot a}{4};$$

Общий объем земляных работ при выемке грунта –  $V = \sum_i^n V_i$ , где  $n$  – число фигур на схеме котлована.

Составляем ведомость объемов земляных работ при выемке грунта (табл. 1).

Табл. 1. Ведомость подсчета объемов котлована

№ фигуры	Объем, м <sup>3</sup>	№ фигуры	Объем, м <sup>3</sup>	№ фигуры	Объем, м <sup>3</sup>
1	485,4	6	102,1	11	111,3
2	406,6	7	118,9	12	101,2
3	477,8	8	42,5	13	129,9
4	49,7	9	129,7	14	52,9
5	123,8	10	39,2	15	143,5
<b>Общий объем 2487,5 м<sup>3</sup></b>					

**Способ №2.** Для вычисления объема грунта, попавшего в разработку, существуют так же следующие формулы (1,2,3), в основе которых лежит подсчет объема образовавшейся геометрической фигуры (Рис.3):

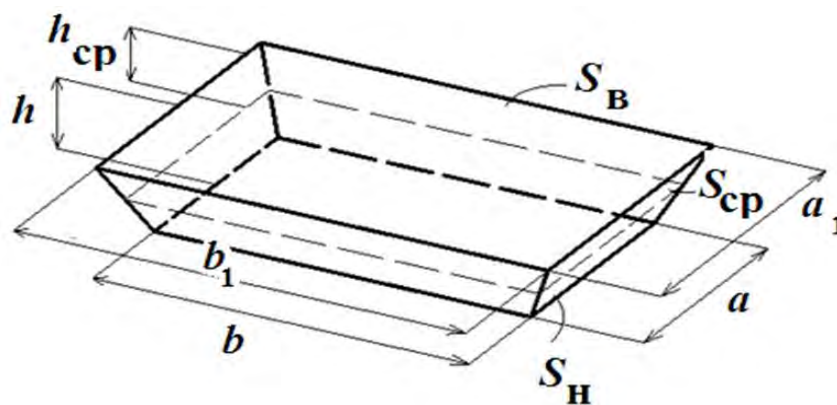


Рис.3. Расчетная схема

$$V = \frac{h_{cp}}{6} (b \cdot (2a + a_1) + b_1 \cdot (2a_1 + a)) \quad (1)$$

где  $a_1 = a + 2h_{cp}m$ ,  $b_1 = b + 2h_{cp}m$ .

$$V = \frac{h_{cp}}{3} (S_H + S_B + \sqrt{S_H S_B}) \quad (2)$$

$$V = \frac{h_{cp}}{6} (S_H + S_B + 4S_{CP}) \quad (3)$$

$h_{cp}$ -средняя глубина котлована, м;

$S_H$ - площадь котлована по низу, м<sup>2</sup>;

$S_B$ - площадь котлована по верху, м<sup>2</sup>;

$S_{CP}$ – площадь в средней части котлована, м<sup>2</sup>.

Для нашего примера получим:

$$S_H = 297,0 \text{ м}^2, S_B = 843,8 \text{ м}^2, S_{CP} = (297,0 + 843,8) / 2 = 570,40 \text{ м}^2, h_{cp} = 4,61 \text{ м}$$

Тогда объём котлована по формуле (1):

$$V_1 = 4,61 / 6 * ((2 * 27 + 37,8) * b + (2 * 37,8 + 27) * 21,29) = 2427,55 \text{ м}^3;$$

Объём котлована по формуле (2):

$$V_2 = 4,61 / 3 * (297 + 843,81 + \sqrt{(297 * 843,81)}) = 2511,37 \text{ м}^3$$

Объём котлована по формуле (3):

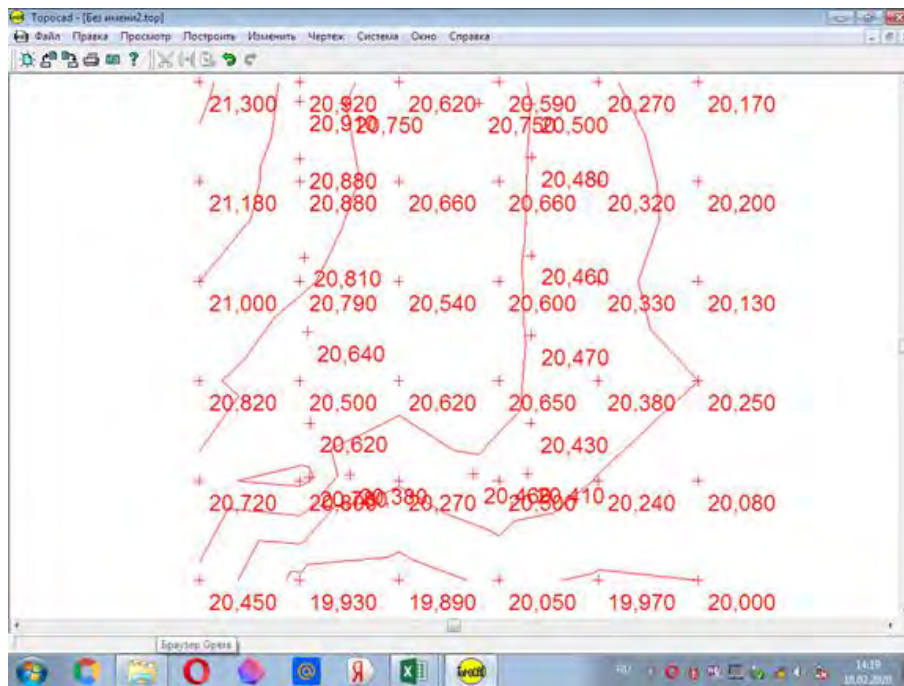
$$V_3 = 4,61 / 6 * (297 + 843,81 + 4 * 570,405) = 2629,56 \text{ м}^3$$

Чаще всего в инженерной практике для подсчета котлована используется следующая формула:

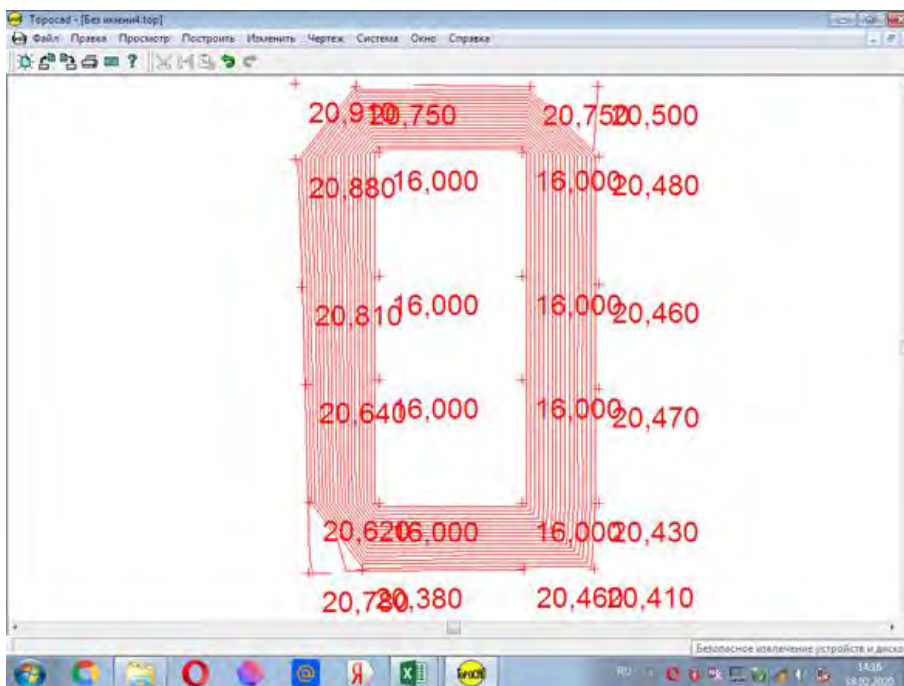
$$V = \left( \frac{S_H + S_B}{2} \right) h_{cp}, \quad (4)$$

$$\text{Объём котлована по формуле (3): } V_4 = \frac{1}{2} (843,81 + 297) * 4,61 = 2629,56 \text{ м}^3$$

**Способ №3.** Расчет объёмов с помощью программы *ТОПОСАД*. Так как объём котлована программа вычисляет как разность верхней (Рис.4) и нижней поверхностей (Рис.5), то необходимо на начальном этапе расчета создать таблицы с координатами необходимых точек. При этом в верхнюю поверхность входят точки исходной топографической поверхности строительного участка вместе с точками верхней бровки. В нижнюю – точки верхней и нижней бровок. Далее переносят полученные точки в рабочее пространство программы и строят соответствующие цифровые модели. При использовании функции «объем» программа вычисляет объем между заданными поверхностями и выводит результат (рис.6).



**Рис.4.** Верхняя поверхность котлована



**Рис.5.** Нижняя поверхность котлована

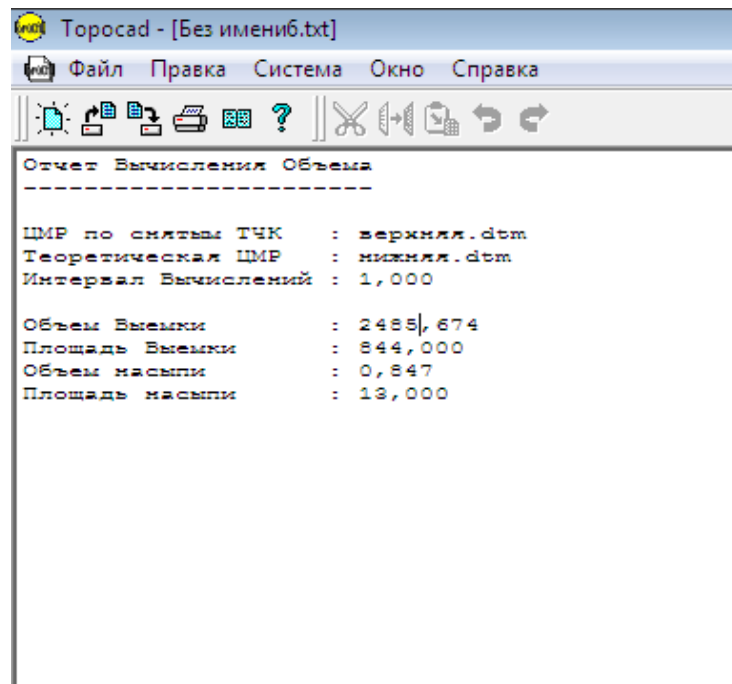


Рис.6. Результаты вычислений

**Способ №4.** Расчёт объёмов с помощью программы CIVIL. Для данного метода была использованна та же таблица с координатами точек, что и предыдущем примере. Чтобы вычислить композитный объём используется верхняя и нижняя поверхности ( пара поверхностей); при этом вычисляются значения объёма выемки, объёма насыпи и разности объемов. При вычислении ограниченного объема мы использовали объект AutoCAD(полилиния); значения объёма выемки, объема насыпи и разности объемов вычисляются для области, ограниченной этим объектом. Далее формируется запрос на вычисление ограниченного объема между двумя поверхностями. Результатеприведены на Рис.7.

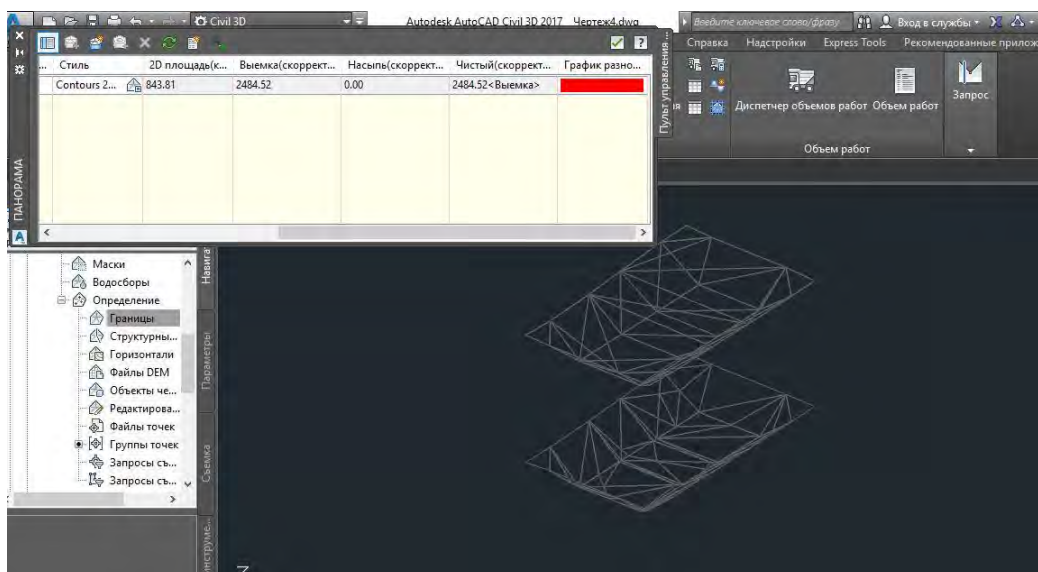


Рис. 7. Объем котлована в программе CIVIL

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В ходе выполнения подсчетов, описанными выше методами, были получены результаты, приведенные в таблице 2.

**Табл.2.** Объем котлована, определённый различными способами

Методы расчета	Объем, м <sup>3</sup>
Способ № 1 (геометр. фигуры)	2487,5
$V = \frac{h_{\text{ср}}}{6} (b \cdot (2a + a_1) + b_1 \cdot (2a_1 + a))$ (1)	2427,6
$V = \frac{h_{\text{ср}}}{3} (S_{\text{H}} + S_{\text{B}} + \sqrt{S_{\text{H}}S_{\text{B}}})$ (2)	2511,4
$V = \frac{h_{\text{ср}}}{6} (S_{\text{H}} + S_{\text{B}} + 4S_{\text{ср}})$ (3)	2629,6
$V = (\frac{S_{\text{H}}+S_{\text{B}}}{2})h_{\text{ср}}$ (4)	2629,6
<i>Topocad</i>	2485,7
<i>Civil</i>	2484,5

В нормативной литературе по строительству нет каких-либо указаний по допустимой разнице объемов котлована подсчитанными разными способами. Поэтому воспользуемся принципом аналогии и РД 07-603-03«ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ», согласно которой, если объемы отвалов, подсчитанные по 2 разным способам, отличится менее 8%, то можно за окончательный вариант принять средний объем из двух определений. Исходя из этого проанализируем наши объемы.

Отличие между объемами по *Topocad* и *Civil* составляет 1,2м<sup>3</sup>или 0,04 %, что говорит о равнозначности данных способов для нашего котлована, Объемы посчитанный по способу 1 (геом. фигуры) и программного комплекса *Civil* отличаются на 3 м<sup>3</sup> или 0,1 %. Соответственно разницы между объемами, посчитанными по формулам 1-4 и программным комплексом *Civil* равны 56,9м<sup>3</sup>- 2,3%, 26,9м<sup>3</sup>- 1,1 %, 145м<sup>3</sup>-5,8 %. В нашем случае получилось, что для быстрой проверки результатов подсчет объемов с использованием *Topocad* и *Civil*могут использоваться способ №1 (геометр. Фигуры) а также формула 1-4, при этом необходимо учесть, что по формулам 3,4 получилась разница больше, чем используя формула 1,2 и способ №1. Поэтому авторы данной статьи считают, что формулы 3,4 лучше использовать для предварительной оценки объемов котлована.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зинкович Ю.Н. «Рациональный подсчет объемов по возведению фундаментов из монолитного железобетона» // Научный электронный журнал Меридиан. 2020. №4 (38). С.210-2012.
2. Афоничев Д.Н. «Совершенствование расчёта профильного объёма земляных работ в системе автоматизированного проектирования». Научный журнал КубГАУ, 2012. №75(01)
3. Ткаченко А.В. AutoCAD Civil 3D. Как это работает? / Ткаченко А.В. М.: Принтлето, 2016. – 239 с
4. Кутин Д.А., Погонин С.Ю., Самсонова В.М., Никонова О.Г., Михаленко Е.Б. Визуализация результатов обработки топографической съемки электронным тахеометром PENTAX W-825NX в среде Civil 3D // Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. 2015. С. 176-178
5. Adtolio «Программный комплекс ТОРОСАД» [электронный ресурс] [http://geostroi.kz/file/catalog\\_topocad.pdf](http://geostroi.kz/file/catalog_topocad.pdf) // ЗАО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ». 2013.
6. Пелевина И.А. «Самоучитель AutoCAD Civil 3D 2010-СПб» БХВ-Петербург, 2010. 512с.
7. Шелевой Д.Г., Синько Д.А. «Определение объемов работ на земляные работы при расчете сметной стоимости строительства» УДК 338.512. (Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск) с.230

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

**Кулагина А. С.<sup>1</sup>, Репетенко К. С.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Студент 2 курса 11 группы ИИЭСМ НИУ МГСУ

**Научный консультант: Курочкина В.А.**

Канд. техн. наук, доцент кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В апреле 1986 года в Чернобыле произошла авария, которая изменила историю и полностью поменяла судьбу всего живого в этом месте. После взрыва экология региона претерпела изменения, во многом необратимые. Радиационному воздействию в большей степени подверглись водные и аграрные экологические системы. Решение поставленных в статье задач осуществлялось на основе применения общенаучных методов исследования в рамках сравнительного и логического анализа, графической интерпретации полученной информации. В ходе написания статьи были произведены исследования факторов нарушения геоэкологических условий в регионе ЧАЭС и влияние этих факторов на живые организмы.

**Ключевые слова:** радионуклиды, техногенная катастрофа, авария, атомная энергетика

### **ВВЕДЕНИЕ**

Атомная энергетика отличается очень незначительным геоэкологическим воздействием на окружающую среду при нормальной работе атомных станций и соблюдении всех правил их эксплуатации. Это воздействие, в среднем, в 2-4 раза меньше, чем ТЭЦ одинаковой мощности. Основные геоэкологические проблемы возникают при аварийных ситуациях и залповых выбросах в окружающую среду радионуклидов. В современной истории человечества было несколько катастроф, связанных с авариями на атомных станциях. Одной из самых известных была катастрофа на Чернобыльской АЭС, причинившая непоправимый вред экологии и здоровью людей.

Авария в Чернобыле, которая произошла в апреле 1986 года, была признана одной из крупнейших техногенных катастроф. После взрыва экология региона претерпела изменения, во многом необратимые. Радиационному воздействию в большей степени подверглись природные и аграрные экологические системы. Стоит обратить внимание на то, что авария

произошла 26 апреля, а весна – период наиболее радиочувствительный из-за активного роста и размножения растительных и животных организмов.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

В начале 1986 г. в Советском Союзе работало 14 реакторов типа РБМК электрической мощностью 1000 Мвт каждый. Четыре реактора такого типа работало на ЧАЭС, расположенной на севере Украины, в 130 км на северо-восток от г. Киев и 18 км к северу от г. Чернобыль. Граница Беларуси и России расположены соответственно 12 и 140 км от электростанции. Пуск четвертого блока ЧАЭС состоялся в декабре 1983 г., а 26 апреля 1986г. он был разрушен в результате аварии. Авария привела к выбросу из реактора в атмосферу значительного количества летучих радиоактивных соединений. Величина выброса намного превзошла выбросы от предыдущих аварий атомных реакторов: в Уиндскейле (Великобритания, 1957 г.), Три-Майл-Айленде (США, 1979 г.), на промышленном комплексе «МАЯК» (СССР, 1957 г.), Фокусима-1 (Япония, 2011) [1]. Проблеме аварии Чернобыльской АЭС было посвящены работы многих авторов, в которых подробно рассматриваются экологические, медицинские, социально-экономические аспекты аварии, а также результаты последствий аварии [2]. Ряд работ был посвящен проблеме накопления радионуклидов растительными и животными организмами, а также движению естественных и искусственных радиоактивных элементов по пищевым цепям [3]. Большое внимание было уделено эколого-социальным вопросам и историческим урокам, связанным с изменением природной обстановки в результате деятельности человека [4].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Чернобыльская АЭС расположена в белорусско-украинской пограничной области (рис.1). В радиусе 30 км вокруг реактора располагалось в общей сложности 76 населённых пунктов. Припять в 1986 году – это близлежащий к АЭС молодой и развивающийся город. Его основание связано, прежде всего, с постройкой Чернобыльской атомной электростанции. Население Припяти на 1986 год составляло 49400 человек (15406 – дети, 7176 – школьники, 16562 – женщины), а в ближайшие 3 года должно было составить порядка 75000 человек.



Рис.1. Чернобыльская АЭС до аварии

В течение первых десяти суток выброшенный в атмосферу материал в форме струи, непрерывно менявший свое исходное направление, следуя направлению ветра, широко распространился над территорией большей части Европы (рис. 2).

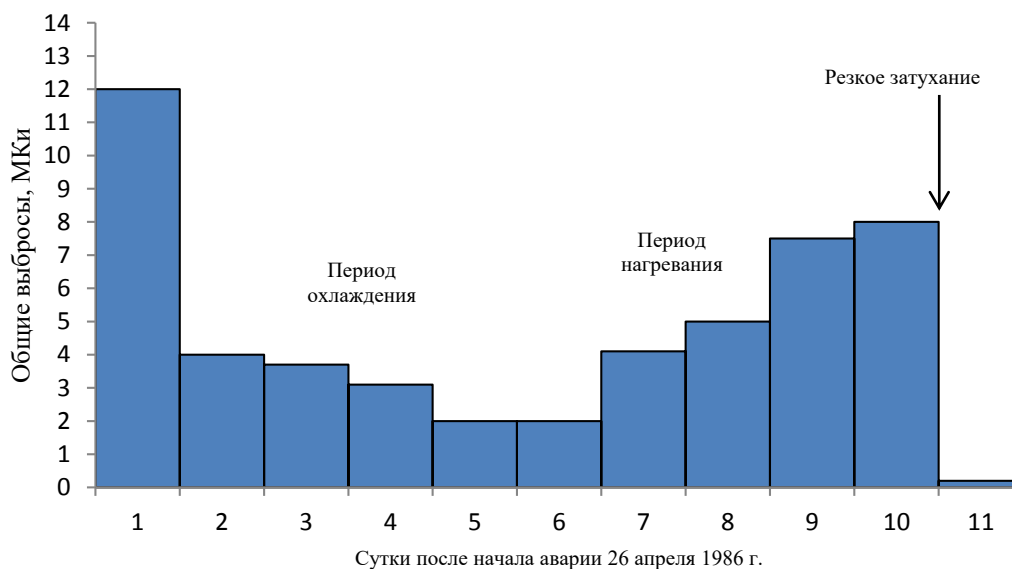


Рис.2. Ежедневный выброс радиоактивного материала в атмосферу (с  $\pm 50\%$  погрешностью)

Наиболее интенсивными были его выпадения на территории Беларуси, Украины и России, однако, выпадения имели место в большинстве стран Европы, хотя, в целом, уровни загрязнения в них были зафиксированы измеримо ниже, чем в очаге катастрофы. Некоторое количество радионуклидов было рассеяно по всему северному полушарию; в очень малых концентрациях они были обнаружены даже в Японии и Соединенных Штатах. Радиоактивная обстановка в бывшем СССР изучалась с использованием 10 вертолетов и самолетов, оборудованных рентгенометрическим и гамма-спектрометрическим оборудованием. В химических лабораториях анализировались пробы грунта и воздуха. Количество

радиоактивных веществ, выпавших на территории европейской части бывшего Советского Союза, к 5 мая 1986 г. оценивается примерно в 3,5% суммарной радиоактивности из активной зоны реактора.

Выброс различных элементов определялся их летучестью; выброс наиболее летучих элементов составил десятки процентов (например, йода), в то время как выбросы наиболее тугоплавких элементов (например, плутония) составил не более нескольких процентов [5].

Радиоактивные выпадения на местность были представлены большим количеством различных радионуклидов, образовавшихся в процессе деления или активации вещества реактора. К некоторым наиболее значимым в радиологическом отношении веществам, измерения которых проводились непосредственно после аварии, относятся: цирконий-95, ниобий-95, молибден-99, рутений-103, йод-131, барий-140, лантан-140, церий-141, церий-144, цезий-134, цезий-137, нептуний-239 и т.д. Оценка ряда наиболее значимых в радиационном отношении радионуклидов приводится в таблице 1.

В пробах почвы определялось содержание трансурановых радионуклидов - плутония-238, плутония-239 и -240, а также америция-241 и кюрия-242 и -244. Состав радионуклидного загрязнения изменялся в зависимости от направления от реактора, отражая изменения в составе выброса по мере развития аварии [9,10].

**Табл. 1.** Некоторые оценки суммарного выброса наиболее значимых радионуклидов во время аварии на ЧАЭС

Радионуклид	Период полураспада	Оценка выброса за время аварии, ПБк (МКи)	
		[6]	[7,8]
Летучие элементы			
<sup>131</sup> I	8,04 дн.	≈1800 (48)	1200-1700 (32-46)
<sup>132</sup> Te	3,26 дн.	≈1200 (31)	1000 (27)
<sup>134</sup> Cs	2,06 г.	≈54 (1,5)	44-48 (1,2-1,3)
<sup>137</sup> Cs	30,1 г.	≈85 (2,3)	74-85 (2-2,3)
Промежуточные элементы			
<sup>103</sup> Ru	39,4 дн.	>170 (4,5)	170 (4,6)
<sup>106</sup> Ru	367 дн.	>73 (2,0)	30 (0,81)
<sup>140</sup> Ba	12,8 дн.	≈240 (6,4)	170 (4,6)
Тугоплавкие элементы			
<sup>95</sup> Zr	64 дн.	200 (5,3)	170 (4,6)

<sup>99</sup> Mo	2,75 дн.	>170 (4,5)	210 (5,7)
<sup>141</sup> Ce	32,5 дн.	196 (5,3)	200 (5,4)
<sup>144</sup> Ce	284 дн.	≈ 120 (3,1)	140 (3,8)
<sup>238</sup> Pu	86,4 г.	0,035 (0,001)	0,03 (0,001)
<sup>239</sup> Pu	24110 лет	0,03 (0,001)	0,03 (0,001)
<sup>240</sup> Pu	6553 лет	0,042 (0,001)	0,0044 (0,001)
<sup>240</sup> Pu	14,7 г.	≈ 60,16	5,9 (0,16)
<sup>242</sup> Cm	162,8 дн.	0,9 (0,024)	0,93 (0,025)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

После Аварии на Чернобыльской АЭС было принято решение об эвакуации населения из близлежащих территорий. Зона эвакуации населения была определена радиусом 30 км вокруг ЧАЭС.; к ней же были отнесены территории вне этой зоны, где доза облучения превышала 50 (Зв/час (5МР/час) в пересчете на 10 мая 1986 года. Для охраны подземных вод от загрязнения, а также предотвращения поступления загрязненных вод пруда-охладителя в р. Припять было построено несколько систем подземного дренажа длиной в десятки километров, включая скважины. Были разработаны различные критерии для борьбы с последствиями аварии на ее ранней и более поздних стадиях. Эти критерии и их оценки подробно описываются в ряде публикаций [17, 18]. Среди них к наиболее ранним и важным следует отнести решения:

- о зонах отчуждения территорий с уровнями радиации больше 200 мкЗв/час (больше 20 мР/час) на 10 мая 1986 г.,
- об отселении территорий с уровнями радиации больше 50 мкЗв/час (больше 5 мР/час)
- о частичном отселении при 30-50 мкЗв/час (3-5 мР/час).

На 10 мая 1986 года площади зон составили: отчуждения – 1100 кв.км, отселения -2940 кв. км, тогда как на ту же дату загрязненная выбросами ЧАЭС территория СССР с условиями более 2 мкЗв/час (0,2 мЗ/час) оказалась равной примерно 50 тыс. кв. км [5]. Критерии выделения зон (например, предельные дозовые нагрузки в течение года или всей жизни, пороговые уровни загрязнения территорий и концентрации радионуклидов в пищевых продуктах и т.д.) со временем менялись только в сторону ужесточения [11]. В таблице 2 приведены критерии, принятые в бывшем Советском Союзе для организации управления на пострадавших территориях.

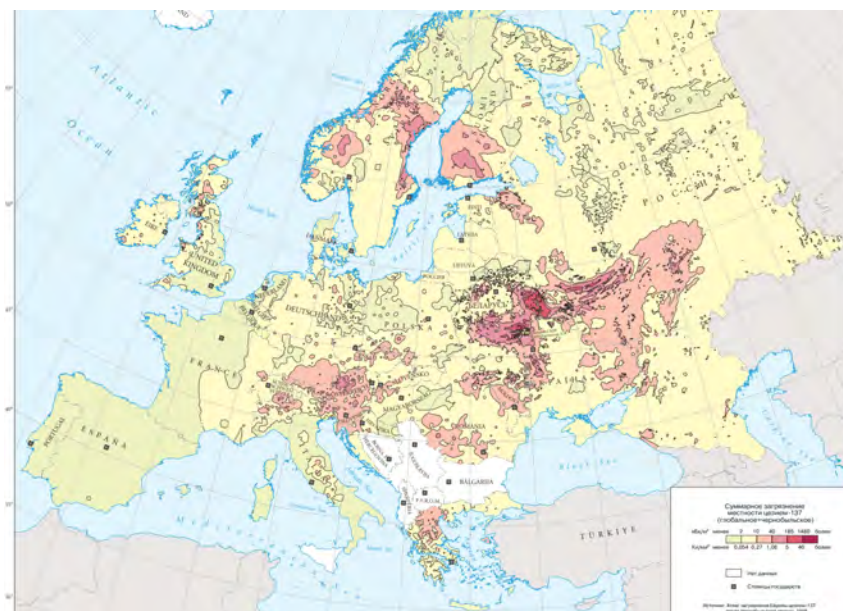
**Табл. 2.** Зона контроля за облучением населения

Зона	Загрязнение цезием -137 ( $^{137}\text{Cs}$ )	
	(кБк/кВ.м)	Ки/кВ.км
Зона периодического контроля	37-555	1-15
Зона постоянного контроля	555-1480	15-40
Зона жесткого контроля	>1480	>40

Позже они же были приняты в Беларуси, России и на Украине, с некоторыми незначительными различиями в требованиях к мероприятиям, определяемым ими. Эти критерии также предложены в основу определения размеров компенсационных выплат тем, кто остался жить на загрязненных территориях.

Оценка масштабов радиоактивного загрязнения (цезием -137) в результате аварии приведена на рис. 3 [12].

Оценка количества чернобыльских выпадений цезия-137 для каждой страны сведены в таблице 3. Общее число цезия-137, приходящегося на территорию Европы в результате аварии в Чернобыле, оценивается приблизительно в 564 ПБк (1,7 МКи). Часть общего количества этого вещества, выброшенного во время аварии, выпала над европейскими акваториями, часть, благодаря переносу с воздушными массами, - над другими континентами и океанами.



**Рис.3.** Масштабы радиоактивного загрязнения в результате аварии

В таблице 3 [12] указаны также размеры территории в пределах каждой страны, на которой наблюдалось превышение цезия-137 над указанными пределами.

Табл. 3. Радиоактивное загрязнение стран Европы на 10.05.1986 г.

Страна	Площадь (тыс. км) с уровнями загрязнения	
	более 37 кБк/м <sup>2</sup> (более 1 Ки/км <sup>2</sup> )	более 1480 кБк/м <sup>2</sup> (более 40 Ки/км <sup>2</sup> )
Австрия	11,0	-
Беларусь	46,00	2,6
Великобритания	0,16	-
Германия	0,32	-
Греция	1,2	-
Италия (без Сицилии)	1,3	-
Норвегия	7,10	-
Польша	0,52	-
Россия (Европейская Часть)	60,00	0,46
Румыния	1,20	-
Словакия	0,02	-
Словения	0,61	-
Украина	38,00	0,56
Финляндия	18,00	-
Чехия	0,21	-
Швейцария	0,73	-
Швеция	24,00	-
Эстония	Более 0,01	-

Авария в Чернобыле унесла множество жизней. По данным на 2018 год: около 600000 человек получили облучение, 4000 умерли от рака. Общее число пострадавших (по состоянию на 1 января 2018 года) составило 1961000 человек из которых 418777 – дети (рис. 4).

В России больше всего от загрязнения Цезием-137 пострадали Брянская, Орловская, Калужская, Тульская области. Среди погибших было большое число ликвидаторов Чернобыльской аварии. К счастью сохранились фотографии, с помощью которых можно представить аварию глазами очевидцев (рис.5).

Для чернобыльских выбросов характерна неоднородность загрязнения, а также появление отдельных территорий с повышенными уровнями концентраций на значительном удалении от ЧАЭС. Это отражает специфику сложных процессов, определяющих рассеяние веществ в атмосфере от их выпадения. Если бы метеорологические и другие условия были



неизменны, то уровни загрязнения уменьшали бы пропорционально расстоянию от источника. Однако непостоянные, все время меняющиеся метеорологические условия изменили эту закономерность и явились причиной формирования сложных неоднородных полей загрязнения.

На территории России в Брянской области, которая считается одной из самых пострадавших в результате катастрофы, исследования почв показали содержание радиоизотопов – 15-40 Ки/км.кв., в то время как в зоне отчуждения более 40 Ки/км. кв.



Рис.4. Чернобыльская АЭС после аварии



Рис. 5. Ликвидаторы Чернобыльской АЭС

Сегодня Чернобыльская АЭС частично закрыта саркофагом (рис. 6).

По прогнозам уровень радиоактивного заражения местности изотопами Цезия-137 снизится до приемлемого значения в 5 Ки/км.кв. не раньше 2028 года. Значение в 1 Ки/км.кв. достигнет не ранее 2098 года. На рисунках 7-9 представлены концентрации и прогнозные концентрации радиоактивного загрязнения (цезия -137) в Брянской области в различные годы [13].

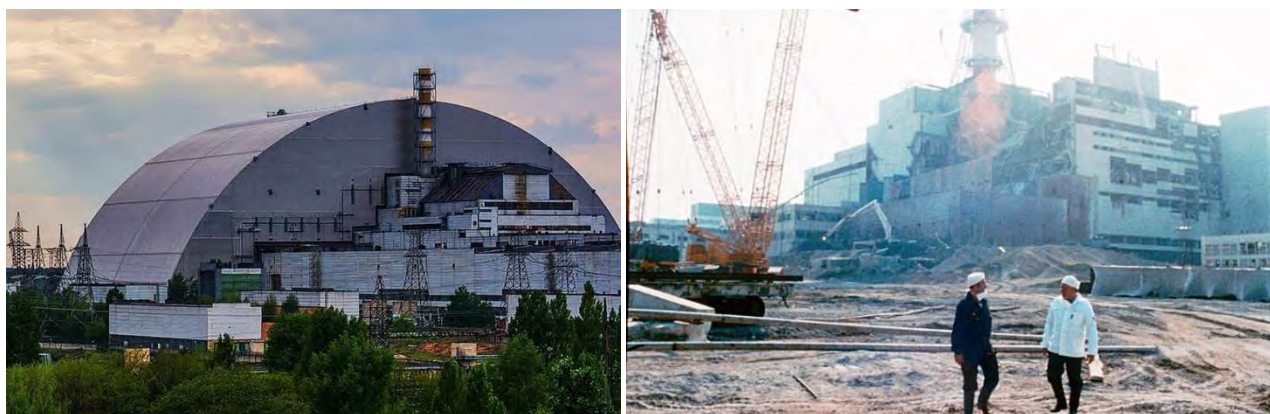


Рис. 6. Саркофаг над Чернобыльской АЭС (слева), справа ЧАЭС сразу после аварии (справа)

Авария привела к необходимости контроля за концентрациями радионуклидов в пищевых продуктах и сельскохозяйственных культурах, произрастающих на загрязненных территориях. После катастрофы количество радионуклидов, зафиксированное в сельскохозяйственных культурах, определялось интенсивностью загрязнения поверхностного почвенного слоя. Территории, которые имели сельскохозяйственное назначение, оказались непригодными для дальнейшего использования.



Рис.7. Концентрация радиоактивного загрязнения (цезия -137) в Брянской области, 1986 год

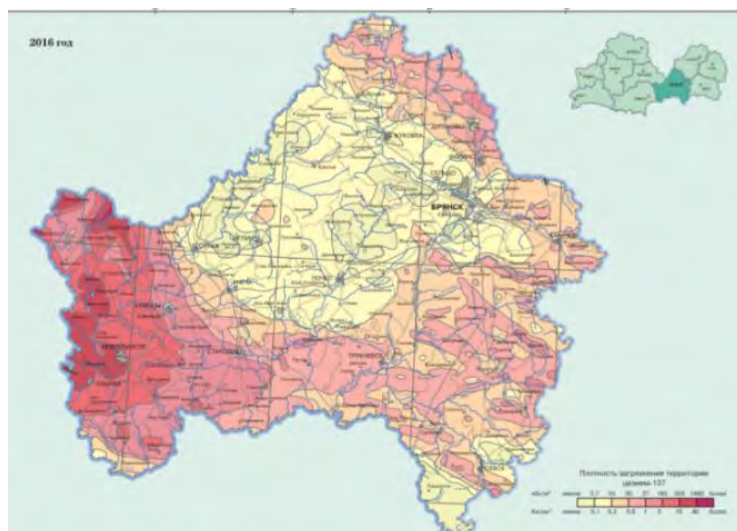


Рис.8. Концентрация радиоактивного загрязнения (цезия -137) в Брянской области, 2016 год



Рис.9. Концентрация радиоактивного загрязнения (цезия -137) в Брянской области, 2056 год

Возникла глобальная проблема перемещения радиоактивных веществ по пищевым цепям и аккумуляции их в человеческом организме. В этой связи началось детальное изучение различных радиоактивных элементов с целью выявления роли каждого для реальной оценки последствий Чернобыльской аварии. Если говорить об изотопах цезия, то каждый из них является своеобразным показателем для оценки последствия техногенной катастрофы. Так, концентрацию в воздухе после аварии цезия-136 (период полураспада 12,98 дней) можно использовать для оценки облучения по ингаляционному пути. Цезий-134, у которого период распада 2,06 лет и цезий-137 с периодом полураспада более 30 лет, играют существенную роль при оценке длительности влияния радиоактивного загрязнения почв, а также формирования внешней и внутренней дозы облучения с учетом загрязнения им водной среды и продуктов питания.



Цезий-137 обладает очень высокой подвижностью, в почке хорошо усваивается растениями и переходит дальше по трофической цепи через растения к травоядным животным. В последние десятилетия по некоторым данным (рис. 10) его концентрация в пищевых продуктах как растительного, так и животного происхождения, снижается.

От аварии на Чернобыльской АЭС также сильно пострадали водные объекты многих районов Украины, а также части Европы.



Рис.10. Снижение со временем концентрации цезий-137 в молоке, произведенном в индивидуальных и коллективных хозяйствах Ровенской обл. Украины, в сравнении с временным допустимым уровнем [2]

Загрязнение водных объектов в первые дни аварии на Чернобыльской АЭС произошло в результате выпадения радиоактивных веществ на водную поверхность, а в последующие годы - за счет смыва радионуклидов, выпавших на водосборы крупных рек и их притоков.

Озера и малые замкнутые водоемы, расположенные на территориях России и Беларуси с уровнями загрязнения стронция-137 более 185 кБк/м<sup>2</sup>, оказались основными загрязняющими элементами экосистем, в которых произошло наибольшее накопление радионуклидов и дальнейшая миграция их в биоту, включая человека.

Сразу после аварии отмечалось радиоактивное загрязнение речных экосистем (рис.11), когда общая радиоактивность воды в апреле и начале мая 1986 года составляла 10 кБк/л в реке Припять, 5 кБк/л в реке Уж и 4 кБк/л в Днестре. В это время загрязнение было вызвано в основном радионуклидами с коротким сроком жизни, такими как йод-131 [9].

По мере того, как вода из речных экосистем поступала сначала в Киевское, а затем в Каневское и Кременчугское водохранилища, значительно сокращалась загрязненность донных отложений, водорослей, моллюсков и рыбы.

В 1989 году, согласно оценкам, содержание цезия-137 в воде Киевского водохранилища составляло 0,4 Бк/л, в Каневском водохранилище - 0,2 Бк/л и в Кременчугском водохранилище - 0,05 Бк/л. Аналогичным образом содержание цезия-137 в рыбе (лещ) сократилось в 10 раз между Киевским и Каневским водохранилищами и в 2 раза между Каневским и Кременчугским водохранилищами и достигло уровня в 10 Бк/кг (Kr95).



Рис.11. Загрязнение речных экосистем после аварии [9]

Уровень накопления радиоизотопов после аварии в биоте на примере нехищных и хищных рыб приведена на рис.12-13. Через 20 лет после Чернобыльской аварии в наиболее загрязненных водоемах уровни загрязнения воды стронцием-137 превышают или близки к установленным предельным нормативам. Уровни загрязнения донных отложений могут превышать 10 кБк/кг. В таблице 4 представлены данные о содержании стронция-137 в воде, донных отложениях и почве береговых зон наиболее исследованных водоемов в 1998-1999 гг.

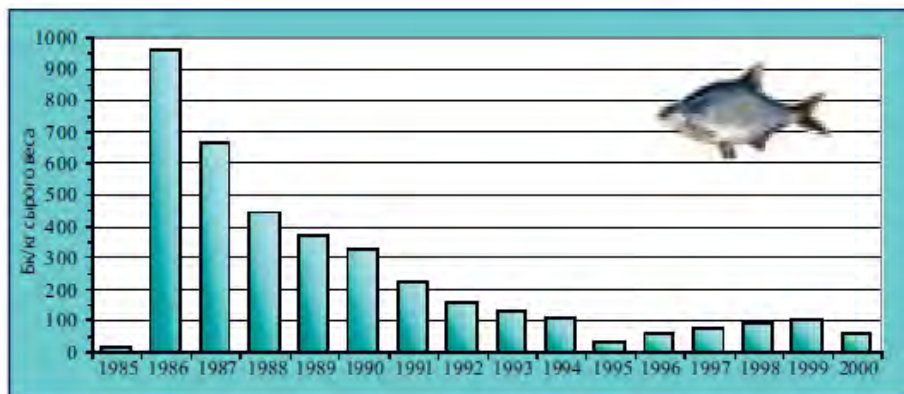


Рис.12. Средняя концентрация  $^{137}\text{Cs}$  у нехищных (лещ) рыб в Киевском водохранилище [2]

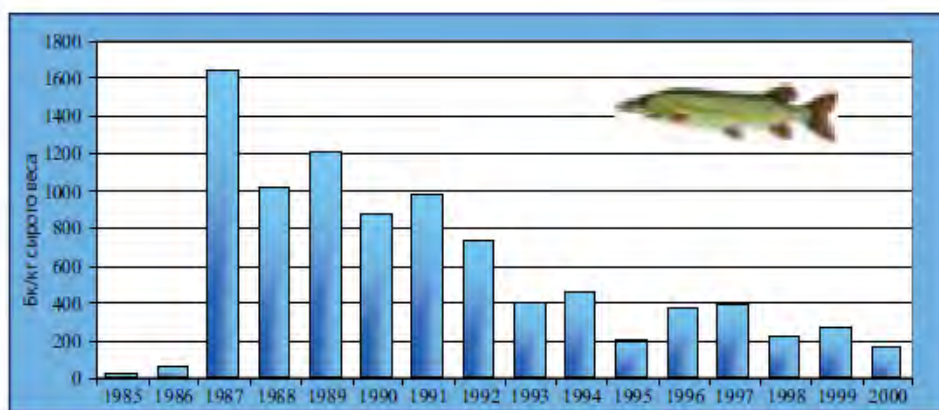


Рис.13. Средняя концентрация <sup>137</sup>Cs хищных (щука) рыб в Киевском водохранилище [2]

Оседание частиц в донные отложения озёр и водохранилищ играло большую роль для понижения уровня содержания радиоизотопов непосредственно в воде. На рис. 14 и 15 представлены графики объемной активности и плотности загрязнения почв береговых зон естественных водоемов. Цифра на графике соответствует номеру озера в таблице 4 [13].

Табл. 4. Концентрация цезия-137 в воде, донных отложениях и почве береговых зон водоемов Брянской области.

	Водный объект (район)	Объемная активность в воде, Бк/л	Плотность загрязнения донных отложений, кБк/м <sup>2</sup>	Плотность загрязнения почвы береговых зон, кБк/м <sup>2</sup>
Озера				
1	Кожаны (Клинцовский)	5,1-7,1	11-451	1206
2	Заломенье (Красногорский)	0,4-0,8	-	255
3	Заозерье (Красногорский)	0,4-0,5	152-407	807
4	Попово	0,1-0,3	-	1069
5	Святое на Беседи (Жуковский)	11,1-11,4	85-1406	1291
6	Святое на Ипути	0,3-0,4	-	1188
Искусственные водоемы				
7	Глыбочка (Трублевский)	0,2-0,4	455-1432	1221
8	Заборье (Гордеевский)	1,4-2	278-1358	1854
9	Ковали (Жуковский)	3,4-4	-	2398

10	Лески (Навлинский)	0,3-0,9	-	157
11	Яловка (Клинцовский)	0,8-1,7	-	1798
12	Водохранилище 3-е Шеломовское	0,4-0,5	281-1369	699

На рис. 16 и 17 представлены графики объемной активности и плотности загрязнения почв береговых зон искусственных водоемов. Цифра на графике так же соответствует номеру искусственного водоема в таблице 4.

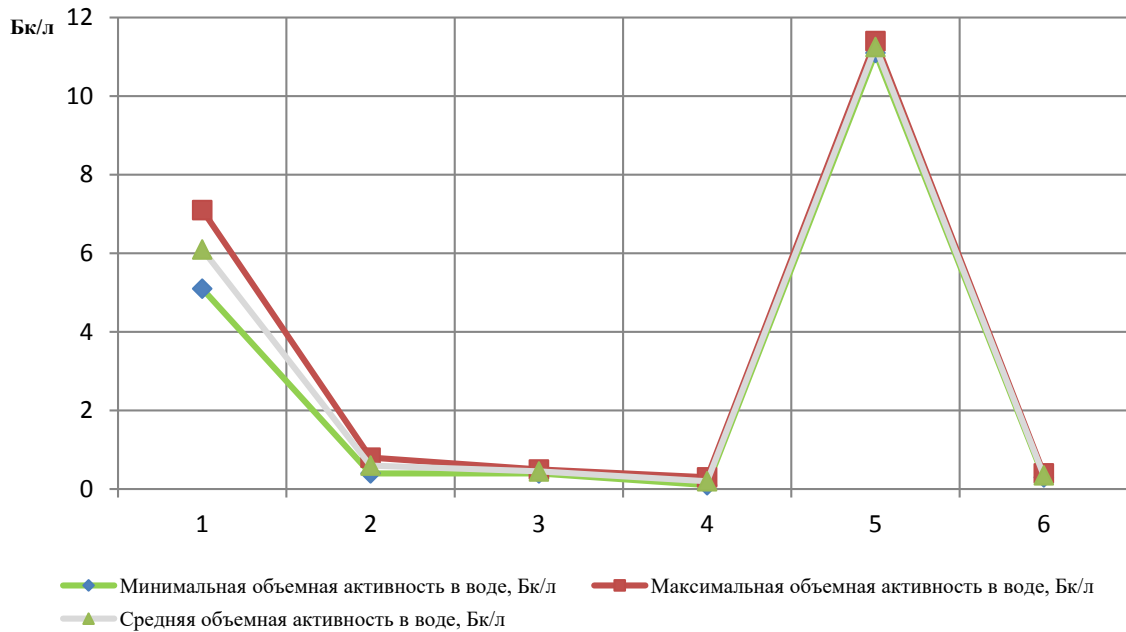


Рис. 14. Объемная активность естественных водоемов

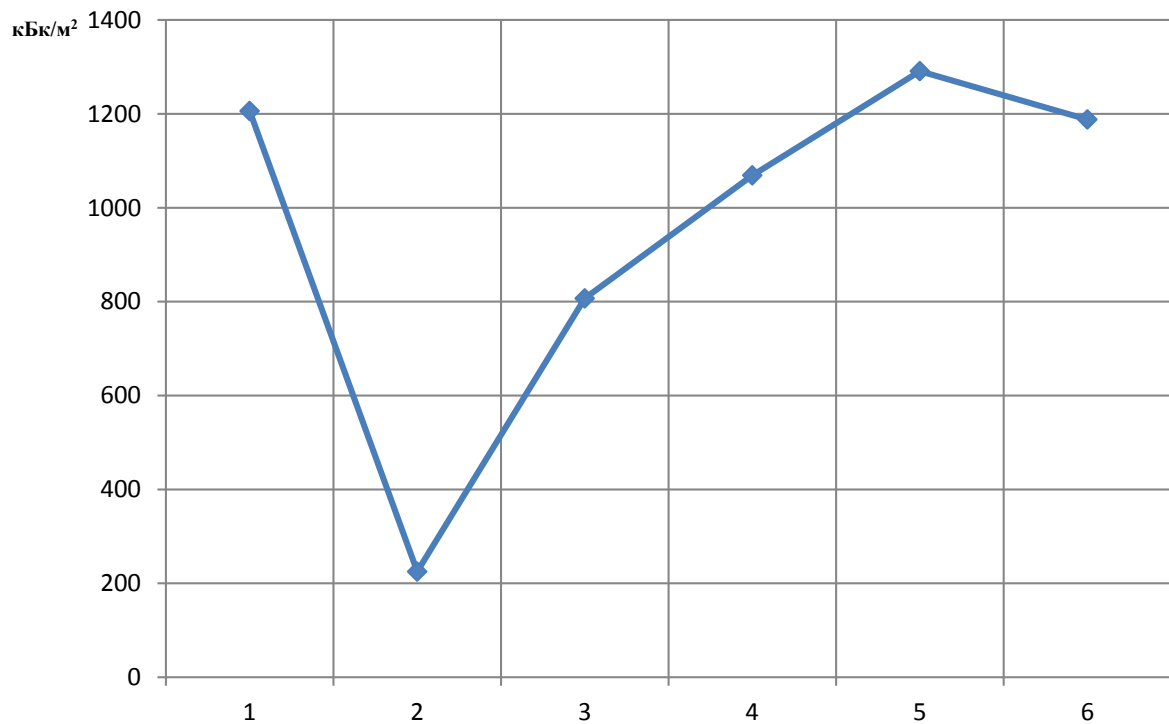


Рис. 15. Плотность загрязнения почв береговых зон естественных водоемов

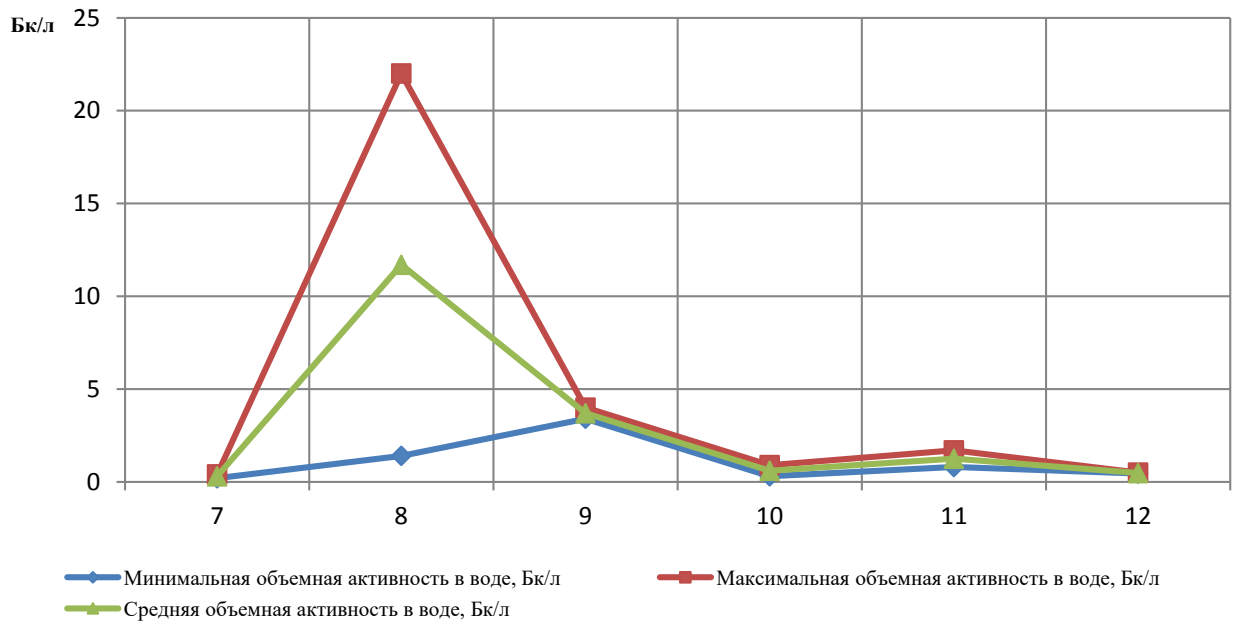


Рис. 16. Объемная активность искусственных водоемов

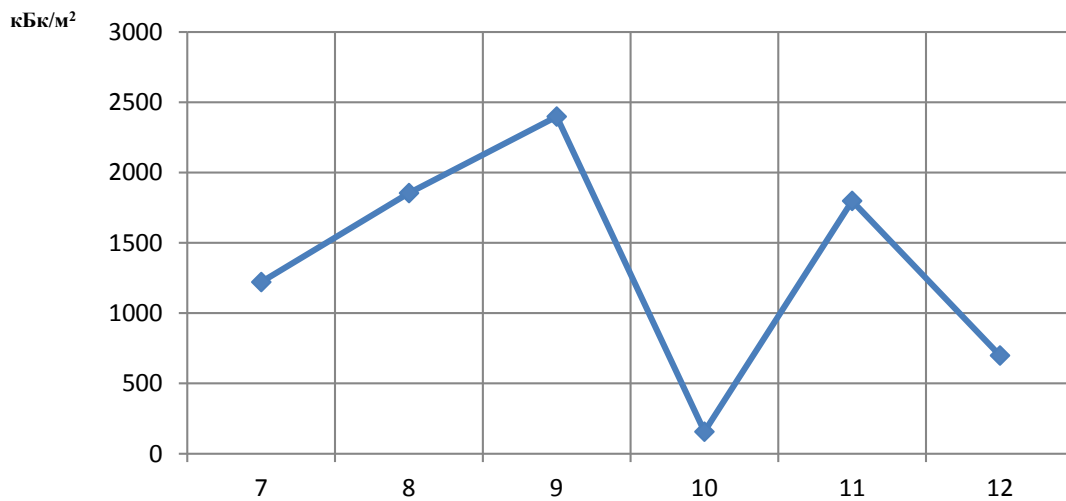


Рис. 17. Плотность загрязнения почв береговых зон искусственных водоемов

Как видно из этих графиков концентрации загрязняющего вещества значительно выше в искусственных водоемах, чем в озерах, являющихся естественными водоемами.

Человек и окружающая среда подвержены воздействию ионизирующего излучения от различных источников как естественного, так и искусственного происхождения. Загрязнение окружающей среды радионуклидами в результате Чернобыльской аварии представляет собой дополнительный источник радиационного воздействия, значимость которого изменяется от уровня загрязнения.



## ВЫВОДЫ

Авария на Чернобыльской АЭС явилась одной из самых крупнейших техногенных катастроф XX века, последствия которой еще ощутимы спустя 30 лет после аварии. Гибель людей, нарушенные экосистемы огромной территории, непригодной больше для жизни, вынужденное переселение жителей, загрязненные водные объекты и почвы, вот те проблемы, с которыми человечеству пришлось столкнуться после этой трагедии.

К концу XX-века в мире насчитывалось 423 ядерных энергоблоков в 30 странах. Для некоторых стран, особенно которые отличаются развитой промышленностью и имеют высокую плотность населения, атомная энергетика рассматривается, зачастую, как одна из основных и неизбежных возможностей для развития энергетики страны в целом. Многие АЭС расположены в непосредственной близости от населенных пунктов.

После Чернобыльской аварии, проблема использования атомной энергии очень интенсивно стала обсуждаться в обществе. Это заставила людей оценить все положительные и отрицательные стороны использования такого вида энергии, а также дало человечеству понимание необходимости правильно применять и надёжно контролировать её использование.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Proceedings of Seminar on Comparative Assessment of the Environmental Impact of Radionuclides Released during Three Major Nuclear Accidents: Kyshtym, Windscale, Chernobyl (Luxembourg, 1-5 October 1990). Report EUR 13574, 606 pp. [Электронный ресурс]. [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/radiation\\_protection\\_53.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/radiation_protection_53.pdf) (дата обращения: 16.04.2020)
2. Наследие Чернобыля: Медицинские, экологические и социально-экономические последствия и рекомендации правительствам Беларуси, Российской Федерации и Украины- Чернобыльский Форум: 2003–2005. IAEA, 2006. [Электронный ресурс]. [https://www.who.int/ionizing\\_radiation/chernobyl/chernobyl\\_digest\\_report\\_RUS.pdf](https://www.who.int/ionizing_radiation/chernobyl/chernobyl_digest_report_RUS.pdf) (дата обращения: 16.04.2020)
3. Старков В.Д., Мигунов В.И. Радиационная экология. – Тюмень: ФГУ ИПП «Тюмень», 2003. – 304 с.
4. Григорьев А.А. Экологические уроки прошлого и современности. - Л.: Наука, - 252 с. 1991.

5. Израиль Ю.А., Петров В.Н., Авдюшин С.И., Гасилина Н.К., Ровинский Ф.Я., Ветров В.А., Вакуловский С.М. «Радиоактивное загрязнение природных сред в районе Чернобыльской АЭС». Метрология и гидрология. №2. 1987. С.5-18.
6. Devell L., Guntay S., Powers D.A. The Chernobyl reactor accident source term—Development of a consensus view. OECD/NEA/CSNI/R(95)24. Paris.1995. [Электронный ресурс]. <https://oecd-nea.org/nsd/docs/1995/csni-r1995-24.pdf> (дата обращения: 16.04.2020)
7. Buzulukov Y.P., Dobrynin Y.L. Release of Radionuclides During the Chernobyl Accident, The Chernobyl Papers, 1:3-21. /Eds. S.E. Merwin and M.I. Balonov/. Research Enterprises, Richland, WA, 1993.
8. Боровой А.А., Довбенко А.А., Смолянкина М.В., Строганов А.А. Определение ядерно-физических характеристик топлива 4-го энергоблока ЧАЭС. Отчет: ИБРАЭ АН СССР. – Инв. № 52/11-20. - Москва, 1991.
9. Чернобыль. Десять лет спустя. Радиоактивное воздействие и последствия для здоровья населения. Оценочный доклад Комитета по радиационной защите и здравоохранению Агентства по ядерной энергии. Ноябрь 1995. [Электронный ресурс]. <http://avkrasn.ru/article-3549.html> (дата обращения: 16.04.2020)
10. Свинцев Ю.В., Хрулев А.А. Оценка радиоактивного выброса при аварии 1986 г. на 4-ом энергоблоке Чернобыльской АЭС. Атомная энергия, т.78, №6, с.403-417. 1995.
11. Чернобыль. Пять трудных лет. Сборник трудов. М: Изд.АТ-381с. 1991.
12. Корт М.Де, Дюбуа Г., Фридман Ш.Д., Герменчук М.Г., Израэль Ю.А., Янссенс А., Джонес А.Р., Келли Г.Н., Квасникова Е.В., Матвеевко И.И., Назаров И.М., Покумейко Ю.М., Ситак В.А., Стукин Е.Д., Табачный Л.Я., Цатуров Ю.С., Авдюшин СИ. Атлас загрязнения Европы цезием после Чернобыльской аварии. EuropeanCommission/JointResearchCentre, EnvironmentInstitute, EC 2001, EC/GCERosgymdromet/Minchernobyl (UA)/Belhydromet. 71с. 1998. ISBN 92-894-1004-3.
13. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси. (АСПА РОССИЯ-БЕЛАРУСЬ). Москва-Минск. 2009. [Электронный ресурс]. [http://rb.mchs.gov.ru/upload/site1/document\\_file/oMqlw2bV2b.pdf](http://rb.mchs.gov.ru/upload/site1/document_file/oMqlw2bV2b.pdf) (дата обращения: 16.04.2020)

## **ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ КАК БУДУЩЕЕ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ НА ПРИМЕРЕ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

**Ларина В.А.<sup>1</sup>, Салмина В. А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Студентка 4 курса 2 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: Субботин А.С.**

Кандидат технических наук, доцент кафедры СОТАЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В данной статье рассматривается вопрос использования солнца, как источника энергии. Нами представлен один из возможных вариантов применения энергии солнца на сегодняшний день, который будет полезен для различных отраслей деятельности человека. Солнечные батареи используются по всему миру, однако этот вид добычи электроэнергии только набирает обороты по своей популярности, и многие страны всё ещё не активно вводят данные технологии в массовое производство. Мы предложим вариант использования солнечных батарей, который может решить проблемы энергоснабжения в различных отдаленных от цивилизации местностях, обеспечив самые недоступные для центрального электроснабжения места освещением и видеонаблюдением, позволив вести непрерывный мониторинг за объектами, что поможет обеспечить безопасность для природы и человека. Так же в данной статье рассмотрим многочисленные плюсы использования солнечной энергии, с целью популяризации данного вида добычи электричества.

**Ключевые слова:** солнечная батарея, видеонаблюдение, освещение, источник энергии

### **ВВЕДЕНИЕ**

Сокращение объема энергии, потребляемой бытовым и промышленным оборудованием, а также экологичность их использования и безопасность для окружающей среды — одна из важнейших задач, над решением которой трудятся тысячи ученых и инженеров по всему миру. В настоящее время разработаны различные способы, для того, чтобы сделать приборы менее затратными или автономными. Одним из вариантов питания объекта электроэнергией является установка солнечной батареи. Эти модули можно использовать вдали от централизованных линий, что делает данный способ получения электроэнергии просто

необходимым в таких отдаленных от цивилизации местах, как ж/д дороги, автодороги, инженерные сети, национальные парки, горные экотропы, объекты строительства и т.д.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Инновационные материалы и технологии внедряются в различные сферы [1-3]. Беспроводные камеры на солнечных батареях на данный момент являются одной из перспективных разработок. Они не требуют подключения к электросети и передают информацию по каналам беспроводной связи [4]. Цифровые технологии позволяют управлять устройствами и просматривать видео удаленно [5].

Камеры видеонаблюдения на солнечных батареях уникальны тем, что, не зависят от других источников электричества кроме солнечной энергии, - полностью автономны. Работа происходит с помощью солнечной панели, которые питают камеру и заряжают аккумулятор. А в темное время суток система подпитывается от аккумулятора. В дождливые, пасмурные дни, солнечные панели, продолжают производство электроэнергии, потому что она также работает в рассеянном дневном свете.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Столбы, с установленными на них камерами наблюдения, также оснащают осветительными приборами, которые питаются от той же солнечной батареи. В темное время суток они, в комплексе с камерой, обеспечат безопасность для людей и окружающей среды, позволяя производить мониторинг местности круглосуточно, даже в тёмное время суток.

Данные установки помогут решить такие проблемы, как освещение и видеонаблюдение в условиях отсутствия связи и централизованного электроснабжения (рис. 1).



**Рис. 1.** Примеры местности использования

Автономная система уличного наблюдения использует высококачественные солнечные панели, улавливающие прямой и рассеянный свет и преобразующие солнечный свет в постоянный ток. В результате, полученная электроэнергия, используется для питания IP-камер и батарей, для хранения избыточной энергии, производимой солнечной панелью.

Видеокамера хранит снятое видео на карте памяти или жестком диске, а также имеет возможность передавать снятое видео для просмотра онлайн по беспроводной сети.

Эффективность солнечных панелей в ясный день выше, но также могут вырабатывать электроэнергию и в дождливые или пасмурные дни, так как видимый свет всё равно проникает сквозь дождь и облака. Панели выпускают во влагозащитной оболочке, поэтому дождь, снег ей не страшны.

Если системы видеонаблюдения установлены в местах, где мало солнца, используется камера с ветровым генератором или комбинированным - солнечная панель и ветряк. Это решение подходит и для поворотной камеры с увеличением - зумом, которой можно управлять удаленно через программу на компьютере или приложение мобильного телефона (рис. 2).

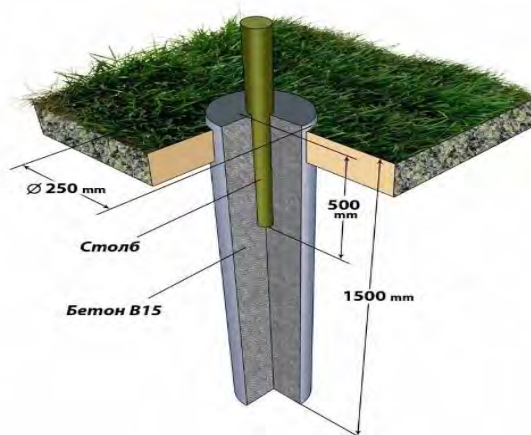


**Рис.2.** Камера видеонаблюдения на солнечные батареи

**Область применения.** Камеры видеонаблюдения, работающие от альтернативных источников электроэнергии можно использовать повсеместно, но максимально полезны они будут в таких сферах, как:

- на объектах строительства;
- в сельскохозяйственной инфраструктуре;
- на промышленных предприятиях;
- в лесопарковых зонах города;
- в местах отдыха граждан;
- на автомагистралях;
- вдоль железных дорог;
- на особо охраняемых объектах;
- на концертных площадках и стадионах;
- вдоль магистральных трубопроводов и других объектов.

**Преимущества.** Нет необходимости подключаться к электрической сети и прокладывать дорогостоящий, сложный в проведении, кабель (рис.4). Установка оснащенного столба возможна на любой местности, что позволяет организовать видеонаблюдение повсеместно, даже в труднодоступных местах. Нельзя отключить видеокамеру, оборвав электрический кабель. Она работает автоматически, не требует никакой регулировки и обслуживания. Мощная солнечная батарея большой ёмкости и мультипрограммный контроллер обеспечивает надежную работу. Несложный монтаж, занимающий не более 30 минут. Низкие инвестиционные затраты. Быстро окупается при установке. Рабочий диапазон температур: от -30 до +50 °С.

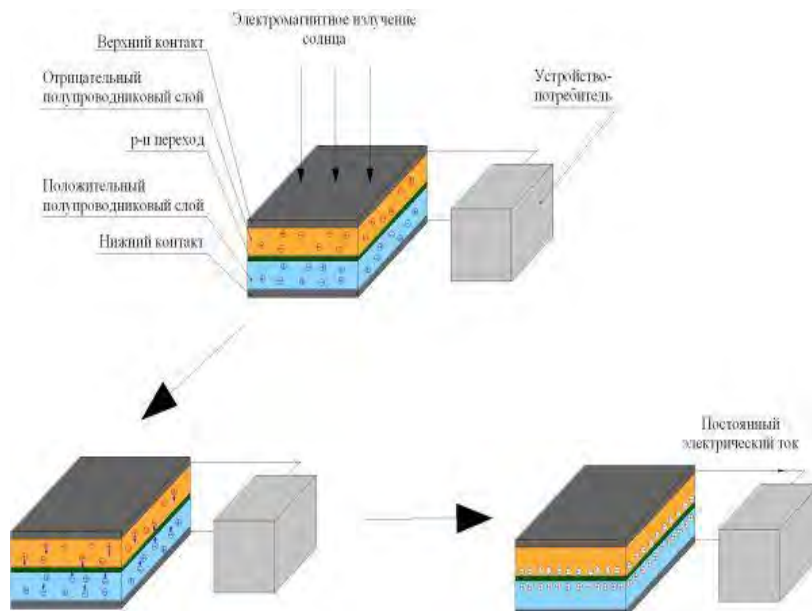


**Рис.4.** Схема монтажа фундамента столба для крепления камеры видеонаблюдения и освещения на солнечных батареях

**Принцип работы.** Цифровые видеокамеры GM - 150/150 работают на солнечных батареях. Их мощности хватает для того, чтобы камера работала в течение 10 пасмурных дней, для этого нужен всего один солнечный день.

Суть работы видеокамеры на солнечных панелях довольно проста. Камера устанавливается на незатененное место так, чтобы перекрыть нужный участок. Затем устраивают батарею. Тип установки определяется конструкцией видеокамеры: камера со встроенной или выносной солнечной батареей. Камера записывает изображение объекта, используя датчик движения, или в стабильном режиме и передает через GSM или по Wi-Fi-соединению конечному пользователю. Если сеть оборвалась или временно недоступна, камера записывает изображение на встроенную SD-карту. Содержание карты памяти так же можно читать удаленно через Интернет.

Сами солнечные батареи состоят из пластинки кремния толщиной 0,3 мм. На той стороне, где падает свет, добавлен бор. Это приводит к избыточному количеству свободных электронов. На другой стороне добавлен фосфор, который приводит к образованию "пустот". Граница между ними называется p-N переходом. Когда свет падает на пластинку, это приводит к "удару" по электронам с противоположной стороны. Таким образом, появляется разность потенциалов. Независимо от размера изделия, одна ячейка развивает напряжение 0,7 В (рис.5). Максимальная эффективность панелей, а также мощность достигается, когда свет падает под углом 90 градусов. В некоторых устройствах батарея поворачивается за Солнцем, но это значительно увеличивает стоимость и создает более сложное строение.



**Рис.5.** Устройство панелей



## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучив работу камер видеонаблюдения на солнечных батареях, можно выделить немало плюсов использования данной установки и её преимущества перед другими, более традиционными, способы снабжения электроэнергией:

1. Гибкое расположение. (Наличие солнечной батареи позволяет установить камеру в любом месте где есть солнечный свет: в поле, в горах, на даче без электричества, на пустом загородном участке, на трассе (рис.3).

2. Простота установки и перемещения. (Набор систем видеонаблюдения солнечных панелей включает в себя все необходимое для установки своими руками, а также подробные пошаговые инструкции по установке и настройке. Система легко перемещается с места на место без повторной настройки.)

3. Экологичность. (Это настоящая «зеленая технология», построенная на неисчерпаемом источнике энергии, не загрязняющая окружающую среду.)

4. Экономия денег. (Автономная система видеонаблюдения не тратит электричество, а вырабатывает его сама, она энергонезависима, а значит не требует никаких дополнительных расходов.)

5. Длительный срок службы. (Большинство изготовителей солнечных панелей предлагают 25-летнюю гарантию. После окончания гарантийного срока, солнечная панель может производить по крайней мере 80% энергии.)



**Рис.3.** Месторасположение автономных камер



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Солнце, как источник энергии, может иметь применение в любой точке мира и на любой местности. Его использование в различных областях деятельности человека разрешает множество проблем, связанных с вопросом обеспечения объекта электроэнергией. Энергия солнца является самой доступной и экономически выгодной. В статье был предложен один из вариантов применения энергии солнца, а именно столбы, оснащенные камерами видеонаблюдения и освещения на солнечных батареях, которые могут получить применение повсеместно. Они просты в монтаже, эксплуатации и не требуют подведения к ним дополнительных электросетей. Использование солнечных батарей может решить комплекс монтажных, экономических и экологических проблем.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сабади П.Р., пер.с англ. Н.Б. Гладковой «Солнечный дом», Изд. Стройиздат, Москва, 1981 г. С. 12-17.
2. Харченко Н.В. «Индивидуальные солнечные установки», Изд. Энергоатомиздат, Москва, 1991 г. С. 192-198
3. З.А.Я.Глиберман, А.К.Зайцева. «Кремниевые солнечные батареи», Государственное энергетическое издательство, Москва-Ленинград, 1961 г. С. 50-53
4. Дьяков А. Ф. Малая энергетика России: проблемы и перспективы. М.: «Энергопрогресс: энергетика», 2003. С. 87-94
5. Хазиахметова А.А., Субботин А.С. Организационно-технологические мероприятия по строительству объектов утилизации отходов на сельскохозяйственных предприятиях с применением биотехнологий. В сборнике: Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории Земли сборник материалов семинара. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра инженерных изысканий и геоэкологии. 2019. С. 94-99.
6. Строительство объектов дорожного сервиса в национальных парках и заповедниках Субботин А.С., Простотина Л.А., строительство. 2019. № 2. С. 24-25.

## **ИСТОЧНИКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ, КАК БУДУЩЕЕ ДЛЯ ВСЕХ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ**

**Мартыросов А. С.**<sup>1</sup>, **Чичерова А. В.**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Студент 4 курса, 10 группы, ИГЭС, НИУ МГСУ

<sup>2</sup>Студент 4 курса, 9 группы, ИГЭС, НИУ МГСУ

**Научный консультант: Субботин А. С.**

канд. техн. наук, доцент кафедры СОТАЭ

### **Аннотация**

Предметом исследования является возобновляемая энергия, которая представляет собой неисчерпаемые источники энергии по человеческим меркам. В окружающей среде они представлены в виде солнечной, ветровой, водной, включая приливы и отливы, геотермального тепла. В данный момент времени основными источниками энергии являются не возобновляемые, это ресурсы недр, которые в скором времени будут исчерпаны при существующем темпе использования, это – нефть, уголь, ядерное топливо. В энергосистеме Российской Федерации преобладают угольные, газовые, атомные электростанции. Также основную часть ВВП составляет экспорт углеводородов из России. Цели исследования состоит в том, чтобы предложить альтернативу не возобновляемым источникам энергии, оценить степень внедрения в существующую обстановку и возможность наращивания потенциала. В результате исследований была выявлена необходимость перехода страны от не возобновляемых источников энергии на возобновляемые, как на основные, для поддержания той же стабильности в экономике.

**Ключевые слова:** углеводороды, возобновляемая энергия, источники, стабильность.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Данная проблема является достаточно актуальной, так как в современном мире остро стоит вопрос о скором потенциальном исчерпании основных не возобновляемых источников энергии. В статье мы хотим поднять вопрос о важности перехода на альтернативные источники энергии, рассмотреть их и предложить способы внедрения в существующую экономическую обстановку.

В современном мире человечество не может обойтись без электроэнергии. В России на данный момент по результатам исследований компании «Enerdata» около 26% вырабатываемой «зелёной» возобновляемой энергии, включая гидроэнергетику.

Следовательно, 74% доля углеводородов, что является опасным в ситуации исчерпания основных источников, так как страна не сможет быстро адаптироваться к новым условиям окружающей среды.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

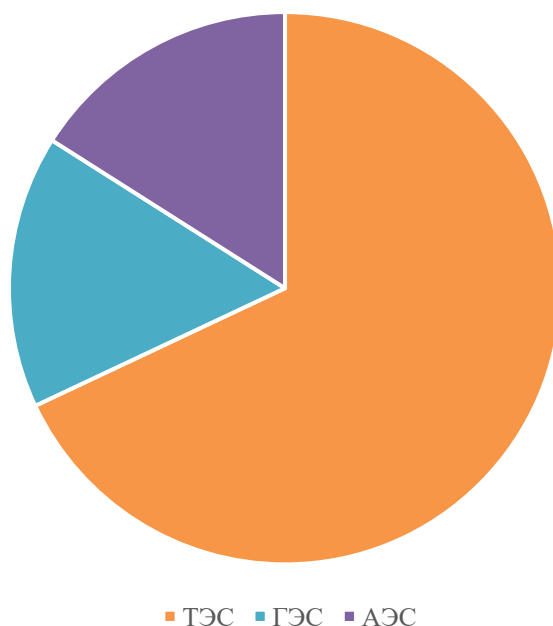
Для начала разберемся что подразумевается под возобновляемыми источниками энергии (далее по тексту ВИЭ) и какие они бывают.

ВИЭ подразделяется на группы – традиционные и нетрадиционные источники.

В первую группу входит:

- гидравлическая энергия воды, которая преобразуется в электрическую энергию. Каждая энергетическая станция вырабатывает ее посредством действия гидросилового оборудования, устанавливаемого на ней;

В России 16 процентов всей вырабатываемой электроэнергии производится на гидроэлектростанциях. Статистика представлена на рисунке 1.



**Рис. 1.** Доля выработки электроэнергии в России по данным Russian electricity Production by Source (2008).

- энергия биомассы, получаемая в ходе сжигания древесного угля, дров, торфа. Она применяется в основном для выработки тепла, подаваемого в отопительную систему жилых и нежилых зданий;

На рисунке 1 представлена процент вырабатываемой энергии на тепловых электростанциях, в частности большинство ТЭЦ использует уголь.

Вторая группа состоит из энергии, которая существует в природе, окружающей человека:

- солнечная - непосредственно используется солнечное излучение для получения энергии в каком-либо виде. Солнечная энергетика использует возобновляемый источник энергии и является «экологически чистой», то есть не производящей вредных отходов во время активной фазы использования. Примером промышленного использования солнечной энергии является солнечная ферма «Топаз» в Калифорнии (рис.2). Энергией обеспечивается 160000 домов и предприятий, поле состоит из 9 миллионов солнечных батарей.

Минусом является большая площадь, отводящаяся под панели.



**Рис. 2.** Солнечная ферма «Топаз»

- ветровая – преобразованная кинетическая энергия воздушных масс в любую другую форму энергии.

Электростанции представляют собой собранные ветровые электроустановки (ВЭУ) в одном месте, объединённые в одну цепочку, они могут составлять по количеству от 100 и более ветрогенераторов. Используются:

1. наземные (самые распространённые тип);
2. прибрежные (находящиеся неподалёку от побережья моря или океана);
3. шельфовые (находящиеся непосредственно в море в 10-60 километра от берега, преимущество - они не занимают места на суше)
4. плавающие (ветрогенераторы находящиеся на морских станциях)

5. парящие (находящиеся высоко над землёй для использования сильного ветра)
6. горные (находящиеся непосредственно в горах)

Минусами ВЭУ является нагрев почвы и влияние на местный микроклимат.

Примером промышленного использования ветряков и ветровой энергии являются поля ВЭУ в Германии. (рис.3)



**Рис. 3.** Поля ВЭУ в Германии.

- морских, океанических волн и течений – приливы и отливы волн, кинетическая энергия, переносимая по поверхности воды преобразуется в электрическую, механическую и другие формы энергии.

Используются приливные электростанции.

Минусом таких электростанций является зависимость от движения Луны и Солнца.

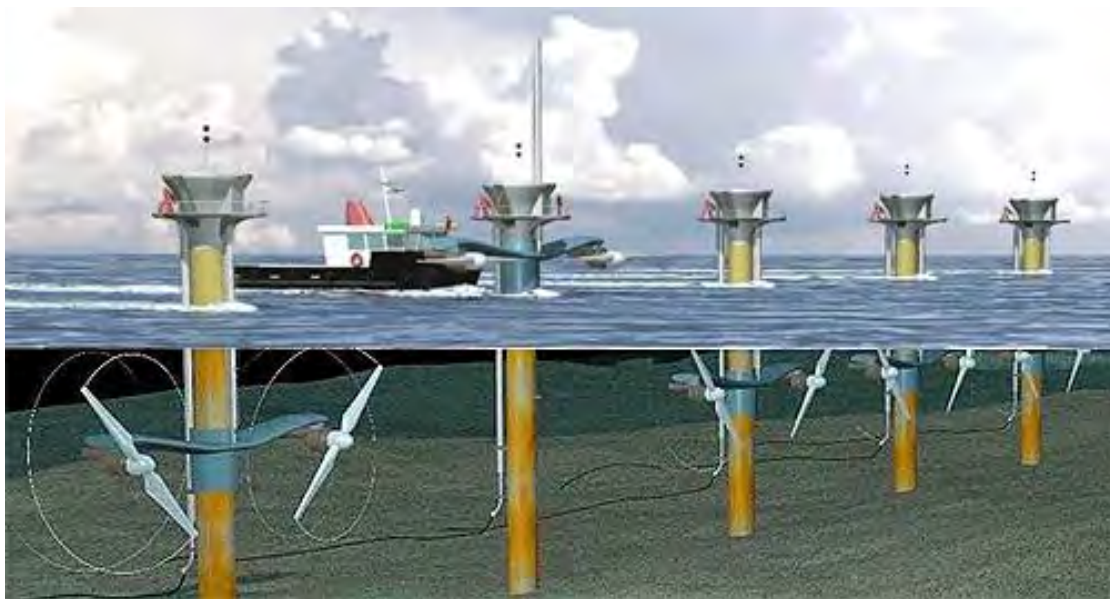
Получение энергии циклично.

Примером ПЭС является расположенная в Пенжинской губе залива Шелихова в Охотском море электростанция. Проектная мощность 21,4 ГВт, годовая выработка электрической энергии составит 50,0 млрд. кВт/часов. (Рис.4)





**Рис. 4.** Пенжинская ПЭС.



**Рис. 5.** Принцип работы приливной электростанции.

- биотопливо – топливо из продуктов жизнедеятельности организмов, животного и растительного сырья, а также органических промышленных отходов.

Существует 3 вида биотоплива:

1. Твёрдое – дрова, топливные гранулы.
2. Жидкое – биомазут, спирты, биодизель, различные эфиры.
3. Газообразное – газовые смеси с угарным газом, метаном.

Строятся ТЭЦ и котельные. Так же мини ТЭЦ на древесных отходах и отходах предприятий агропромышленного комплекса.

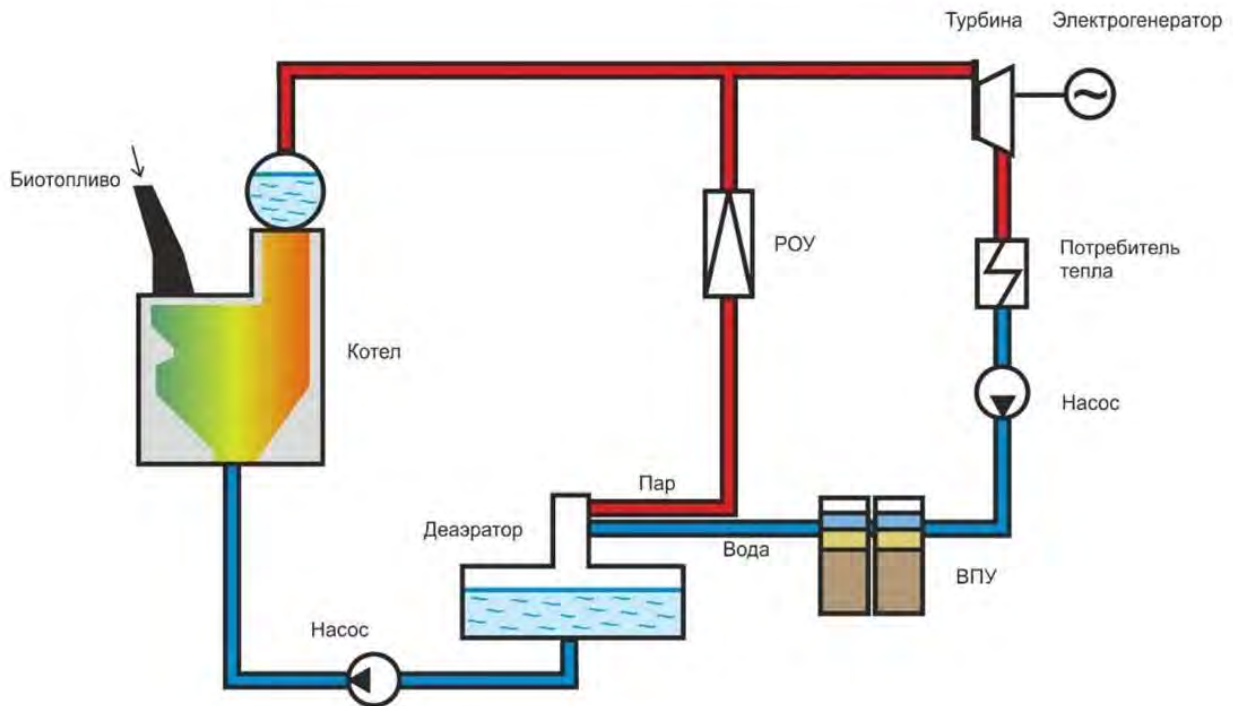


Рис. 6. Пример использования биотоплива в ТЭЦ

- геотермальная энергия, являющаяся результатом естественного гниения и поглощения минералами, находящимися в недрах земли, солнечной энергии. В сущности, солнце есть неисчерпаемый источник энергии. Его тепловое излучение преобразовывается в электрическую энергию с применением фотоэлементов, тепловых машин.



Рис. 7. Гейзер

Принцип использования возобновляемой энергии заключается в ее извлечении из постоянно происходящих в окружающей среде геологических процессов. Она предоставляется потребителю, который использует ее для решения технических задач и удовлетворения своих нужд.

Возобновление энергии – это явление, способствующее постоянному восполнению энергии естественным путем или независимые от того, используют их или нет. Рассмотренные ранее виды энергии как раз отвечают этому определению.

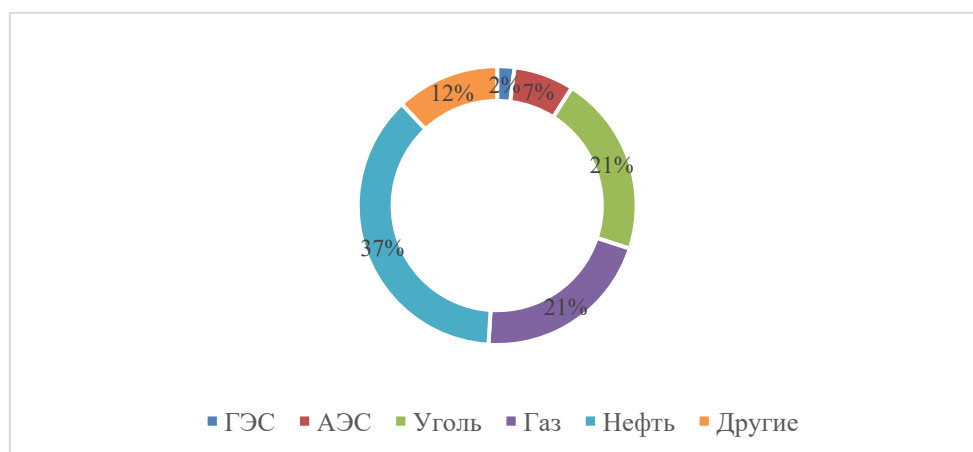
В связи с этим как никогда становится актуальной разработка новых технологий получения энергии от всех возможных возобновляемых источников энергии и внедрение её в энергетическую систему страны как основную, так как представленные возможности уже сейчас активно используются на практике.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материальной базой для данного исследования стал существующий опыт использования традиционных и внедрения нетрадиционных источников возобновляемой энергии в мире и, в частности, в России, существующая практика применения новых видов электростанций.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Путём наблюдения, анализа, изучения и моделирования данной проблемы мы приходим к тому, что не возобновляемые источники энергии в скором будущем исчерпают свой потенциал, что приведёт к тому, что мировая экономика не сможет обеспечить страну электроэнергией (в некоторых странах, в частности, упадёт ВВП). По данным доклада комиссии Мирового энергетического совета оставшийся запас ресурсов приведён на рисунке 7 и в таблице 1.



**Рис.8.** Диаграмма распределения мировых энергетических ресурсов



**Табл. 1.** Запас основных мировых энергетических ресурсов.

Разведанные извлекаемые запасы	Годовое потребление	Срок исчерпания запасов (лет)
Уголь: $10000 \cdot 10^9$ т	$2,6 \cdot 10^9$ т	800
Нефть: $140 \cdot 10^9$ т	$3,1 \cdot 10^9$ т	45
Газ: $140 \cdot 10^{12}$ м <sup>3</sup>	$2,4 \cdot 10^{12}$ м <sup>3</sup>	60
Уран: $15 \cdot 10^{12}$ т <sup>7*</sup>	$7 \cdot 10^3$ т	20

Важной задачей страны является переход от не возобновляемых источников энергии на возобновляемые, как на основные.

Основной проблемой внедрения новых технологий является высокая стоимость и большие сроки окупаемости.

## **ВЫВОДЫ**

Таким образом, мы приходим к тому, что возобновляемые источник энергии являются основополагающими в экономике страны для дальнейшего стабильного развития.

Все страны мира стараются внедрить и в последствии перейти на основные виды получения энергии только от возобновляемых источников энергии. Это является перспективным направлением развития экономик. Однако потребует серьезных финансовых вложений.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Голицын М.В., Голицын А.М., Пронина Н.В. Альтернативные энергоносители // Москва Наука. 2004. С. 6-17.
2. Соуфер С., Заборский О. Биомасса как источник энергии // Мир. 1985. Ч.1. С. 8-50.
3. Агеев А.В. Нетрадиционные источники и возобновляемые источники энергии // Томский политехнический университет. 2004. С. 53-272.
4. Вершинский Н.В. Энергия океана // Наука, Москва. 1986. Г.1. С. 3-23.
5. Дж.А.Деффи, У.А.Бекман Тепловые процессы с использованием солнечной энергии // Мир. 1977.
6. Кривцов В.С., Олейников А.М., Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия. Книга 1. Ветроэлектрогенераторы // Харьков "ХАИ". 2003. С.56-98.
7. Каргиев В.М., Мартиросов С.Н., Муругов В.П., Пинов А.Б., Сокольский А.К., Харитонов В.П. Ветроэнергетика. руководство по применению ветроустановок малой и средней мощности // ИнтерСолярЦентр. 2001. С. 16-38.

## **ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА (НА ПРИМЕРЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ)**

**Матрохин М.А.**

студент 3 курса 11 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный консультант: Курочкина В.А**

канд. техн. наук, доцент кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Данная статья посвящена изучению вопроса загрязнения воздушного бассейна Оренбургской области. В ходе работы над статьей был произведен сбор данных об уровне загрязнения воздуха.

На основе собранных данных была дана оценка текущей ситуации, была выявлена динамика изменения основных показателей загрязнения воздушного пространства.

**Ключевые слова:** загрязняющие вещества, атмосфера, воздушный бассейн, производство, промышленность.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В связи с ухудшающейся экологической обстановкой по всему миру, а конкретно – проблема глобального потепления и др., мировое сообщество начало пересматривать свое отношение к экологическим вопросам в своих странах, и Россия не является исключением.

Актуальность таких исследований не оспаривается, если принимать во внимание тот факт, что восстановление экосистемы любой территории занимает стократно больше времени и требует гораздо больше ресурсов, чем принятие своевременных мер для решения появляющихся проблем, или поддержания благоприятной обстановки, способствующий устойчивому развитию урбанизированных территорий.

Изучая потенциальные источники загрязнения территории (производственные объекты и тд.), и их влияния на загрязнение окружающей среды, возможно дать оценку экологической обстановки местности, и, как следствие, выбрать возможную стратегию решения назревающих проблем.

Оренбургская область – одна из главных промышленных областей, она составляет 60% ВВП области, поэтому почти во всех городах области есть предприятия, связанные с

промышленностью и, производящие вредные выбросы. Такие города являются самыми загрязненными, в них концентрация 2-4 вредных компонентов в атмосфере превышает ПДК.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Оренбургская область (рис.1), по данным общероссийской общественной организации «Зеленый Патруль», находится на последних строчках экологического рейтинга (82 место из 85 по состоянию на зиму 2018-2019 года) [1].



Рис. 1. Загрязняющие предприятия Оренбургской области

Такая ситуация в Оренбургской области образовалась по ряду причин, так на общей площади в 123 702 км<sup>2</sup> – 29 место в РФ (рис 2.), расположено более 30 нелегальных свалок, не говоря уже о 1000 легальных полигонов, на момент 2017 года.



Рис. 2. Карта Оренбургской области

Также на территории Оренбургской области расположен мусоросортировочный завод, но нет предприятий по переработке или сжиганию мусора, что приводит к его накоплению в области, так в ежегодно более 64млн тонн промышленных и бытовых отходов остается переработанными [2]. На каждого человека, по статистике, приходится примерно от 130 до 420 кг выбросов в атмосферу [2, 3]. Такие города как Оренбург, Орск, Новотроицк, Медногорск и Кувандык [4].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В инженерно-экологических исследованиях для того, чтобы сделать вывод о состоянии атмосферы необходимо сравнить концентрации существующих веществ с установленными нормативными значениями (ПДК).

Сейчас главные пункты, по которым проводится оценка среды (водная или воздушная) – это нормативные значения концентрации веществ и соединений, содержащиеся в среде, которых обнаружено около 500. Эти вещества перечислены в ГН.2.1.6.3492-17 и утверждены Минздравом РФ. Они обязательны и едины. Кроме этого есть еще один важный нормативный документ, а именно «Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения.» (РД 52.04.667-2005), которым пользуются при оценке качества воздуха.

ПДК – максимальная концентрация химических элементов и соединений, находящихся в среде, которая при постоянном воздействии на нее не вызывает у людей патологий или иных изменений, приводящих к возникновению заболеваний, или не оказывает губительного воздействия на окружающую среду.

Из-за того, что кратковременные опасные соединения не улавливаются респираторными рецепторами, могут возникать повреждения коры головного мозга человека, повреждения зрительных органов. Для предотвращения таких нежелательных эффектов были введены предельные значения разового воздействия таких веществ. Для учета длительного воздействия этих веществ, были введены осредненные значения концентраций в сутки.

Возможные критерии оценки загрязненности атмосферы:

1. Предельная разовая доля ПДК<sub>м.р</sub> – предельное значение ПДК за 20-30 мин, при действии которой не выявляются проблемы с рефлекторными функциями организма (Например: дыхание, раздражения слизистой глаз и т.д.)
2. Осредненная за сутки максимальная концентрация (ПДК<sub>с.с.</sub>) – среднее значение ПДК, которое может воспринять организм в нормальных условиях и при длительном контакте без возникновения осложнений: мутагенных или канцерогенных.

Выделяют 4 степени опасности в зависимости от их воздействия на организм. Каждый класс опасности характеризуется своим значением ПДК. Для атмосферного воздуха:

1. чрезвычайно опасные вещества (ПДК менее 0,1 мг/м<sup>3</sup>);
2. высокоопасные вещества (ПДК 0,1–1 мг/м<sup>3</sup>);
3. умеренно опасные вещества (ПДК 1,1–10 мг/м<sup>3</sup>);
4. малоопасные вещества (ПДК более 10 мг/м<sup>3</sup>).

Предельно-допустимые концентрации веществ (для воздуха) для территории Оренбургской области, приведены в таблице 1.

**Табл. 1.** Концентрации (ПДК) определяемых загрязняющих веществ

№п.п.	Вещество	Класс опасности	ПДК*, мг/м <sup>3</sup>	
			Максимальная разовая	средне-суточная
1.	Аммиак	4	0,2	0,04
2.	Азота диоксид	3	0,2	0,04
3.	Азотаоксид	3	0,4	0,06
4.	Серы диоксид	3	0,5	0,05
5.	Взвешенные вещества (пыль)	3	0,5	0,15
6.	Хлорид водорода	2	0,2	0,1
7.	Метилмеркаптан	4	1*10 <sup>-4</sup>	-
8.	Сероводород	2	0,003	-
9.	Углерода оксид	4	5	3
10.	Формальдегид	2	0,05	0,01
11.	Фторид водорода	2	0,02	0,005
12.	Аэрозоль фторидов	2	0,03	0,01
13.	Хлор	2	0,1	0,003
14.	Серная кислота	2	0,3	0,1
15.	Фенол	2	0,001	0,006
16.	Бенз(а)пирен	1	-	1*10 <sup>-6</sup>
17.	Смесь углеводородов предельных С <sub>1</sub> -С <sub>10</sub> (суммарно)	4	-	-
18.	Бензол	2	0,3	0,1
19.	Толуол	3	0,6	-

20.	Ксилол	3	0,2	-
21.	Этилбензол	3	0,02	-

\*ПДК указаны в соответствии с ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений».

Используя значения ПДК рассчитываются данные величины:

- **НП, (%) - наибольшая повторяемость превышения предельно-допустимой концентрации** – Сбор одного или более исследуемых загрязняющих веществ на 1 и более постах. Возможен контроль доли одного единственного вещества, так и учет доли всех веществ.
- **стандартный индекс, [СИ]:** Предельное доля загрязняющих веществ, за предельно короткий временной промежуток, разделенная на максимальное значение концентрации одного или более веществ, взятого с одной или более станций

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Город Оренбург.** Главной причиной загрязнения атмосферы города Оренбург являются «Оренбургский газоперерабатывающий завод» и «Оренбургский гелиевый завод», принадлежащие ООО «Газпром добыча Оренбург» [5].

Эти предприятия являются возможными источниками выбросов диоксида серы и сероводорода. Немалой проблемой является протечки нефте- и газопродуктов, поступающие с ЗАО «Уралнефтегазпром», которое поставляет на перерабатывающий завод газ и владеет несколькими месторождениями.

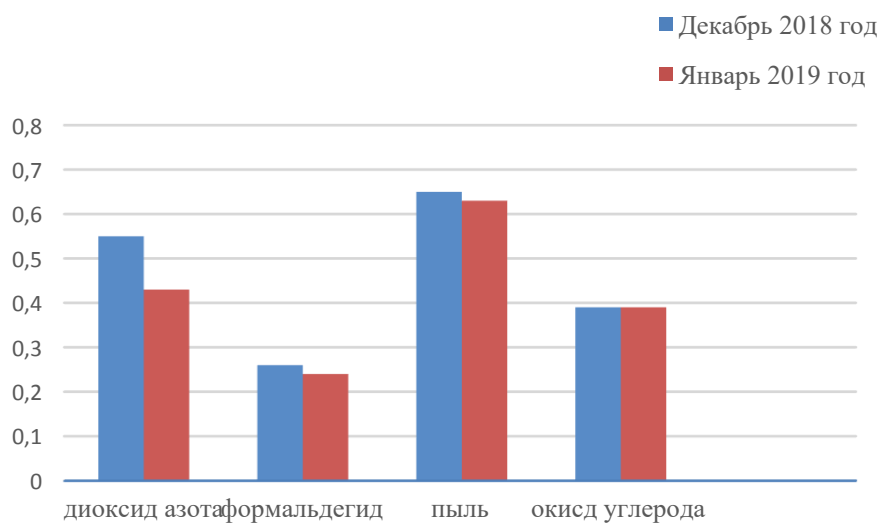
Также источниками вредных веществ являются «Завод металлоконструкций», «Оренбургский станкозавод», «Гидропресс», «Завод бурового оборудования», «Металлист», «Оренбургский завод промышленного цинкования», ж/д пути и автодороги, соединяющие Азиатскую и Европейскую часть России.

Из этого становится ясно, что главным виновником загрязнения является промышленная отрасль, в особенности предприятия, связанные с переработкой нефти и газа, машиностроения и теплоэнергетике, не говоря о авто- и ж/д транспорте.

Комплексная лаборатория мониторинга окружающей среды Оренбургский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды проводит исследования с учетом 13 загрязняющих веществ [6]. По результатам, собранным, с нескольких станций было установлено о 8 случаях превышения на одной и 18 на другой станция по сероводороду.

Предельная концентрация ПДК – 8,6. Основываясь на полученных данных, можно считать загрязненность города низкой и допустимой.

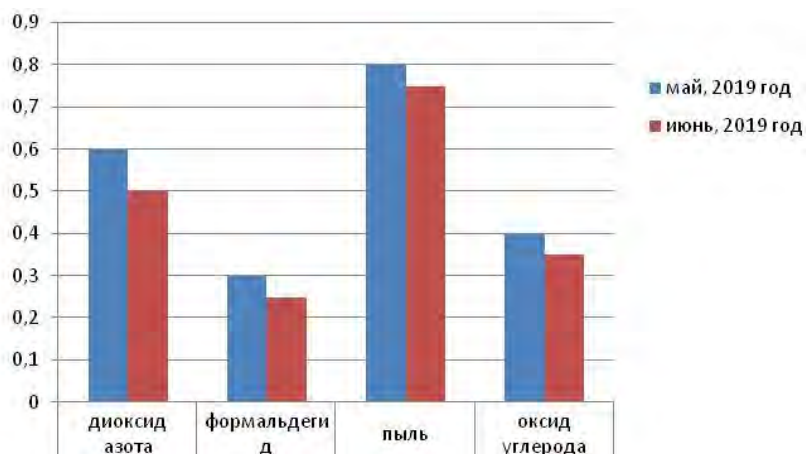
По некоторым веществам были замечены предпосылки к снижению, так содержание



**Рис. 3.** Уровень загрязнения воздуха г. Оренбурга, декабрь-январь, 2019 [6]

пыли в воздухе незначительно снизилось до 0,63 ПДК.

Зарегистрированное в городе значение: 0,43 ПДК для диоксида азота ниже прошлогоднего: 0,55 ПДК на 0,12. Зарегистрированных превышений для разовых значений выявлено не было. На рисунках 3-4 представлены уровни загрязнения атмосферы в г. Оренбурге.



**Рис. 4.** Уровень загрязнения воздуха г. Оренбурга, май-июнь, 2019 [6]

Контроль доли ароматических углеводородов (бензол, толуол, этилбензол, ксилолы) ПНЗ №6 (п. Степной). Доля бензола, толуола, ксилола и этилбензола в атмосфере превышений по санитарно-гигиеническим нормам не замечено.

Средняя доля углеводорода (С1-С5) за месяц в воздухе: 0,02 ПДК. Превышений разовых концентраций не обнаружено. Количество осадков за месяц составило 5,9 мм. Водородный показатель (рН) для разовых концентраций осадков дал результат в 6,2-7,0 с учетом опасного критерия  $5,0 < \text{pH} < 8,5$ .

**Город Орск** – крупный промышленный центр. Орск считается одним из самых загрязненных как в Оренбургской области, так и в России. В Орске не редки превышения нормативных значений ПДК таких веществ как: фенол, диоксид азота, сернистый газ, сероводород.

Главными загрязняющими предприятиями считаются: ОАО «Орскнефтеоргсинтез», ЗАО «Синтезспирт», Орская ТЭЦ-1, АО «Уральская сталь» и выхлопные газы.

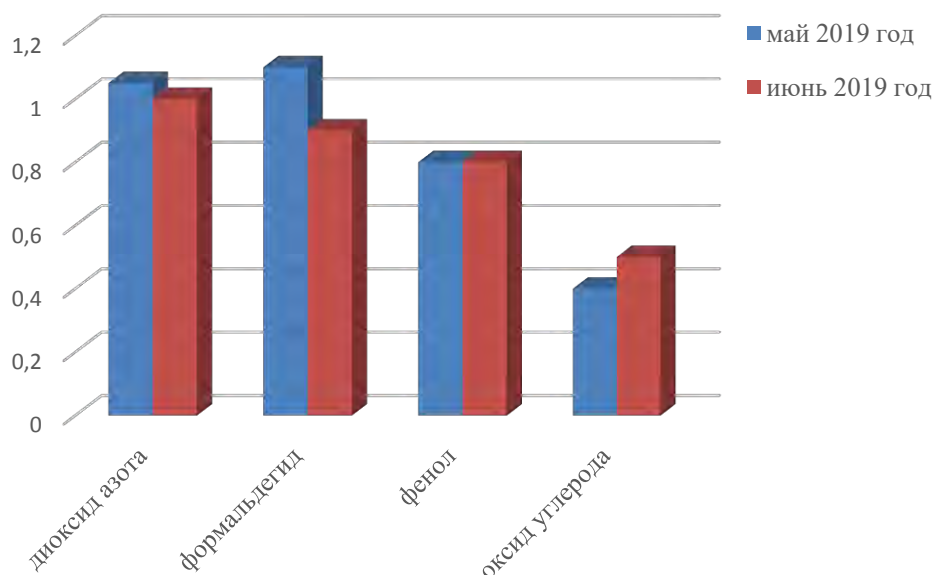
В 2019 году показатели загрязненности собирали на 4 станциях [6] по 10 загрязняющим веществам:

- Среднемесячная доля диоксида азота: незначительно снизилась. В прошлом месяце 1 ПДКс.с. Максимальная доля диоксида азота была замечена по адресу Орское шоссе, 4; ПНЗ и показало  $0,096 \text{ мг/м}^3$  (0,5 ПДК м.р.).

- Среднемесячная доля оксида углерода: незначительное повышение значения в сравнении с прошлым месяцем составило 0,4 ПДКс.с Максимальное значение:  $6,9 \text{ мг/м}^3$  (1,4 ПДКм.р.) район ПГЗ-3

- Среднемесячная доля формальдегида небольшое снижение показателя в сравнении с результатами за прошлый месяц, снижение концентрации на 0,2 ПДКс.с. результат – 0,9 ПДКс.с. Максимальное значение зарегистрировано на станции ПНЗ-1 в условия силы ветра 3 м/с и составило  $0,033 \text{ мг/м}^3$  (0,7 ПДКм.р.) (рис. 5).





**Рис .5.** Уровень загрязнения г. Орска, 2019 [6]

Среднемесячная доля фенола – значения май и июнь не изменились и показали 0,8ПДКс.с. Максимально значение: 0,014 мг/м<sup>3</sup> (1,4 ПДКм.р.), значение снято станцией ПНЗ-5. Значение зарегистрировано при силе ветра 5м/с, ветер восточный.

За последний месяц было замечено 4 случая нарушения ПДК по разовым значениям. Средняя месячная доля сероводорода не изменилась: 0,0009мг/м<sup>3</sup> (таб.2).

**Табл. 2.** Характеристика загрязнения атмосферного воздуха г. Орска

Примеси	Число случаев выше ПДК на стационарных постах ПДК <sub>м.п.</sub>	Максимальная концентрация в ПДК <sub>м.р.</sub>	Стационарный пост, где наблюдалась максимальная разовая концентрация
Фенол	4	1,4	5
Оксид углерода	1	1,4	3

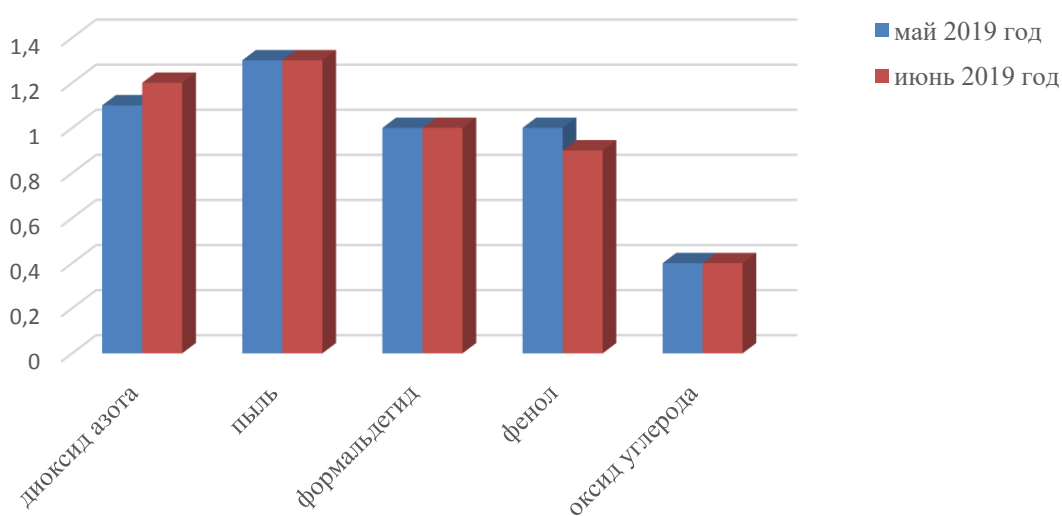
**Город Новотроицк.** Расположен в 20 км от г. Орск, считается центром черной металлургии. В Новотроицке расположено многочисленное количество комбинатов и заводов, что сильно загрязняет окружающую среду.

Предприятиями, наиболее сильно загрязняющими окружающий воздух считаются: АО «Уральская сталь», ОАО «Новотроицкий завод хромовых соединений» и транспорт. По данным информационного агентства Regnum [4] Новотроицк стал самым загрязненным

городом Оренбургской области с 16% выбросами от общего количества, которое является наибольшим [7]. Данные в Новотроицке собираются 2 стационарными пунктами.

Среднемесячная доля диоксида азота показала значение 1,2 ПДК. Нарушений санитарных нормативов для разовых концентраций замечено не было. Данные по доли содержания пыли: 1,3ПДК не изменились, превышений разовых концентраций в этом месяце замечено не было. Доля формальдегида в атмосфере Новотроицка за последние месяцы не изменилась. (1ПДК). Разовых превышений нормативных значений не выявлено.

Доля фенола упала и показала: 0,9ПДК. Нарушения санитарных норм разовых значений не выявлено. Доля оксида углерода (0,4ПДК) не поменялась, нарушения санитарных норм разовых значений не выявлено (рис. 6).



**Рис. 6.** Уровень загрязнения г. Новотроицка, май-июнь 2019 [6]

Осредненные показатели других веществ за месяц находились в пределах гигиенических нормативов, как и предельные разовые концентрации.

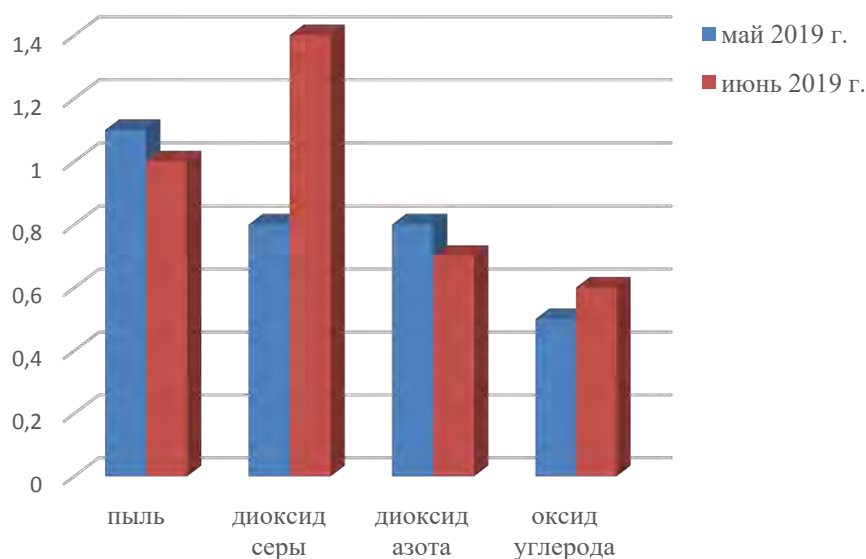
**Город Медногорск.** – центр промышленности и крупный узел железнодорожного сообщения на расстоянии 100 км от города Орск. Главным веществом, способствующим загрязнению окружающей среды, является – оксид серы, который преобразуется в серную кислоту при оседании. ПДК в Медногорске систематически повышен по 2 показателям: по оксиду серы и по пыли.

Главными предприятиями, влияющими на степень загрязнения атмосферы, являются: ООО «Медногорский медно-серный комбинат» (ООО «ММСК»), ОАО «Уралэлектро», теплоэлектростанции и транспорт. По результатам полученных данных были составлены график на рис. 7 и табл. 3.

Степень загрязнения воздушного пространства значительно превышает норму. Средняя доля содержания диоксида серы – превышение значения от 0,6 ПДК до 1,4 ПДК. Предельное значение составило 1,8 ПДК<sub>м.р.</sub>(17 июня центральный район ул. Кирова.).

Осредненный месячный показатель концентрации пыли – уменьшился до 1ПДК. Максимальных разовых превышений не обнаружено. Осредненный месячный показатель для диоксида азота показал значение в 0,7ПДК.

Превышения максимальных разовых концентраций не обнаружено. Осредненный месячный показатель для оксида углерода – превышение значения на 0,6 ПДК. Превышения норм максимальных разовых концентраций не обнаружено.



**Рис. 7.** Уровень загрязнения г. Медногорска, 2019 [6]

Показатель загрязнения сероводородом – увеличился до значения в 0,0016 мг/м<sup>3</sup> максимальных разовых превышений не обнаружено. Показатели остальных веществ нормы не превышали.

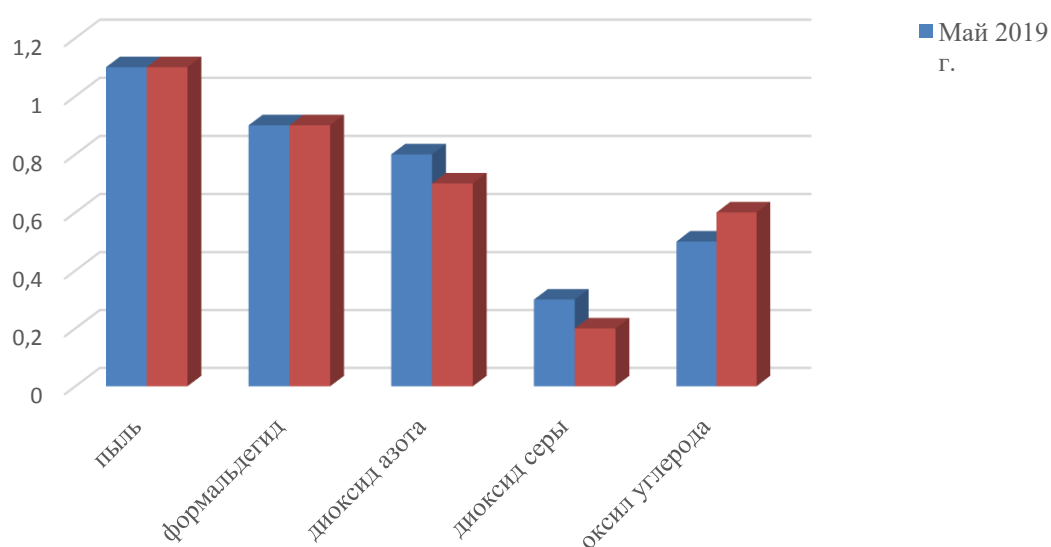
**Таб.3.** Характеристика загрязнения атмосферного воздуха г. Новотроицк

Примеси	Число случаев выше ПДК на стационарных постах ПДК <sub>м.п.</sub>	Максимальная концентрация в ПДК <sub>м.р.</sub>	Стационарный пост, где наблюдалась максимальная разовая концентрация
Диоксид серы	7	1,8	3

**Город Кувандык.** Узел железнодорожного сообщения и центр промышленного производства. Главными предприятиями, загрязняющими окружающую среду, являются: ООО «Медногорский медно-серный комбинат», предприятие АО «Долина», транспорт.

Осредненное значение концентрации пыли – за месяц изменений не произошло, сохранено значение 1,1ПДК, превышений предельных разовых концентраций не выявлено (рис.8). Осредненная доля диоксида азота – снижение на 0,1ПДК до значения 0,7 ПДК. Превышений максимальных разовых концентраций не выявлено. Осредненное значение диоксида серы – снижение на 0,1ПДК до значения 0,2 ПДК. Превышений максимальных разовых концентраций не выявлено. Осредненное значение диоксида углерода – увеличение значения, в сравнении с прошлым месяцем, до значения 0,6 ПДК на 0,1ПДК. Превышений максимальных разовых концентраций не выявлено.

Осредненное значение содержания формальдегида: за месяц изменений не зафиксировано (0,9 ПДК). Превышений максимальных разовых концентраций не выявлено.



**Рис. 8.** Уровень загрязнения г. Кувандык, 2019 [6]

## ВЫВОДЫ

В результате анализа, проведенного на основании данных, по степени загрязнения городов Оренбургской области, можно сделать заключение о значительном уровне загрязнения атмосферного воздуха в этой области. Рекомендуется обратить внимание на вещества систематически превышающие нормативные значения ПДК: диоксид азота; диоксид серы; оксид углерода.

**Диоксид серы** – представляет собой бесцветный газ, напоминающий запах горящей спички, сильно токсичен, является причиной различных отравлений. Симптомы при отравлении

данным веществом: кашель, сухость в горле, горьковатый привкус во рту, при отравлении высокой концентрацией - удушье, рвота, отек легких. Вещество вырабатывается при сжигании угля/природного газа/нефти, при соединении с водой переходит в сернистую кислоту. Вокруг предприятий, выделяющих диоксид серы, обнаруживаются омертвевшие следы на растениях, на которые попал кислотный дождь. Среднесуточное ПДК диоксида серы - 0,05 мг/м<sup>3</sup>, разовое максимальное ПДК - 0,5 мг/м<sup>3</sup>. Превышения этих значений систематически наблюдаются в городах Оренбургской области: В Оренбурге в 1,3 раза, в Медногорске в 6 раз (данные за февраль 2019 года)

**Оксиды углерода** – или угарный газ без запаха. Является причиной отравлений, с такими симптомами как: головокружение, тошнота или удушье, не редко с летальным исходом. Главный источник загрязнения – транспорт. Составляет 40-60% от всех загрязняющих веществ.

**Оксиды азота** – наиболее часто фиксируется превышения нормативных значений в местах металлургических предприятий, а также предприятий по переработке углеводородного сырья. Выделяется во время горения нефти/газа/угля. Являются одной из причин кислотных дождей, некоторые оксиды сильно ядовиты и вызывают отравление. ПДК оксидов азота 0,06 мг/м<sup>3</sup>. Превышения ПДК были зафиксированы летом 2018 года в Оренбурге после степных пожаров, периодически фиксируются на востоке области (Орск, Новотроицк, Медногорск).

**Сероводород** – газ без цвета со сладковатым привкусом и запахом тухлых яиц. Считается ядовитым в малых дозах, смертелен в больших, горюч. Признаки отравления обнаруживаются по симптомам: тошноты, или головным болям и головокружениям. Выделяется при гниении органических соединений, поэтому его источниками могут являться многочисленные очистительные предприятия и сооружения и др. Осредненное за сутки значение ПДК 0,008 мг/м<sup>3</sup>. В Оренбургской области систематически снимаются показания с превышениями нормативных значений ПДК, рекордное превышение нормативов в 25 раз было зафиксировано в 2018 год в областном центре.

В превентивных целях рекомендуется дальнейший ежемесячный контроль с проведением необходимых мероприятий по снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха предприятиями и др. факторами в Оренбургской области.

Рекомендуется: ввести новые, более жесткие допуски загрязнений для предприятий, в особенности ужесточить меры наказаний и штрафов для предприятий, систематически нарушающих нормативы.

Населению должны быть даны рекомендации к использованию общественного транспорта перед частным.

Разработка и переход на более качественные виды топлива, что достигается улучшением фильтрации топливных смесей на нефте-, газоперерабатывающих заводах, а также внедрение альтернативных источников энергии, позволит улучшить экологическую обстановку региона.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Экологический рейтинг субъектов РФ Зима 2018-2019. Зеленый патруль: общероссийская общественная организация [Электронный ресурс]: <https://greenpatrol.ru/ru/stranica-dlya-obshchego-reytinga/ekologicheskiy-reyting-subektov-rf?tid=361>. (дата обращения 12.03.2020)
2. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды Оренбургской области. Росгидромет ФГБУ «Приволжское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Оренбургский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Филиал. ФГБУ «Приволжское УГМС». 2019г. [Электронный ресурс]: [http://pogoda-sv.ru/docs/ecology\\_info/oren\\_jun\\_2019.pdf](http://pogoda-sv.ru/docs/ecology_info/oren_jun_2019.pdf) (дата обращения 12.03.2020)
3. Загрязнение воздуха транспортными средствами и его воздействие на здоровье населения. ВОЗ. Копенгаген. 2005г. [Электронный ресурс]: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/74715/E86650.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/74715/E86650.pdf). (дата обращения 12.03.2020)
4. Новотроицк стал самым экологически грязным городом Оренбуржья. Информационное агентство Regnum [Электронный ресурс]: <https://regnum.ru/news/society/1930838.html>. (дата обращения 12.03.2020)
5. Загрязняющие предприятия Оренбургской области. Экология сегодня интернет-журнал [Электронный ресурс]: <https://ecologynow.ru/knowledge/tekhnologii-i-ekologiya-goroda/zagryaznyayuschie-predpriyatiya-orenburgskoy-oblasti-i> (дата обращения 12.03.2020)
6. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Оренбургской области в 2018 году» [Электронный ресурс]: <http://56.rospotrebnadzor.ru/docs/documents/gosdoklad/gosdoklad2019.pdf> (дата обращения 12.03.2020)
7. Чибилев А.А. Приоритеты экологической политики в решении проблем устойчивого развития Оренбургской области. Фундаментальные исследования. 2017. С.628-632.

## **АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

**Мелкумян А.О.<sup>1</sup>, Хуриев В.А.<sup>1</sup>**

студент 4 курса 9 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: Морозенко А.А.**

д-р техн. наук, профессор кафедры СОТАЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Интерес инженеров к компьютерным технологиям, как к средству облегчения своих профессиональных задач, появился ещё в прошлом столетии. В связи с этим к началу 60-х годов двадцатого века сформировалась достаточная математическая база для написания специализированных инженерных программ. В последующие годы началась активная разработка различного программного обеспечения, предназначенного для двухмерного и трехмерного моделирования, а уже в 80-е годы появились первые здания, проектирование которых производилось с их использованием.

Инженерные системы – это совокупность технических решений, которые обеспечивают нормальную жизнедеятельность потребителей. Современные здания, независимо от целевого назначения, плотно заполняются инженерными сетями, так как они необходимы для комфортного пребывания людей в помещении. Информационное моделирование здания (BIM-технологии) – это подход к управлению жизненным циклом объекта, который предполагает автоматизированный сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурной, конструкторской, технологической, экономической и иной информации о здании со всеми её взаимосвязями и зависимостями, когда здание и все, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект. В настоящее время BIM-технологии широко распространены во многих странах

### **ВВЕДЕНИЕ**

Инженерные системы – это совокупность технических решений, которые обеспечивают нормальную жизнедеятельность потребителей. Современные здания, независимо от целевого назначения, плотно заполняются инженерными сетями, так как они необходимы для

комфортного пребывания людей в помещении. Все системы делятся на два типа наружные и внутренние. Инженерные сети можно классифицировать следующим образом:

Теплоснабжение. Основными составляющими которого является котел, тепловые сети и радиаторы отопления.

Водоснабжение и канализация. Одна система водоснабжения является недостатком в здании, обязательно должны быть предусмотрены система для гашения пожаров, производственных нужд и системы хозяйственных нужд. Основными элементами сети являются насосные установки и сам водопровод, водозаборные сооружения и водоводы. Наружное освещение. Это важная составляющая инженерных систем зданий. Электропотребление. Данная система является основной среди коммуникаций инженерных объектов. Все современное оборудование питается электроэнергией, электропотребления должна быть достаточно мощной, надежной и безопасной. В ее состав входят распределительные устройства и подстанции, линии электропередач и электрооборудование [1].

Вентиляция. Система вентиляции обеспечивает приток свежего воздуха в здание и отчистить его от примесей и грязи, без данной системы объект не будет сдан в эксплуатацию. В современных зданиях предусматривается еще и система кондиционирования, она может быть промышленной или бытовой. Сигнализация и связь. Данная система обеспечивает здание безопасностью и связью.

Аббревиатура "BIM" - Building Information Modeling переводится, как "информационное моделирование зданий"

Информационное моделирование здания – это подход к управлению жизненным циклом объекта, который предполагает автоматизированный сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурной, конструкторской, технологической, экономической и иной информации о здании со всеми её взаимосвязями и зависимостями, когда здание и все, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект. Проектирование зданий, сооружений, инженерных систем и их отдельных компонентов производится в трехмерном пространстве. Проект удовлетворяющий требования BIM должен состоять не просто из линий и текстур, как при классическом 3D-моделировании, но и из множества искусственных элементов, каждый из которых содержит в себе информацию, соответствующую реальным физическим и геометрическим характеристикам объекта.

Каждый элемент, составляющий здание однозначно определен как пользователем, так и самой программой, в этом и заключается принципиальное отличие и преимущество BIM-



программ перед обычными трехмерными редакторами, где так же можно смоделировать здание [2].

В настоящее время BIM-технологии широко распространены во многих странах: США, Канаде, Китае, Японии, Великобритании, Финляндии и Сингапуре и др., где с их помощью реализуется подавляющее большинство проектов. Технологический подход к проектированию инженерных сетей с использованием BIM развивается значительно быстрее, чем мы можем себе представить. Технология BIM, еще недавно казавшаяся чем-то из области фантастики, постепенно, но неуклонно входит в нашу жизнь.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Инженерные системы являются сердцем здания и без них объект атомной энергетики, не могут функционировать. Поэтому на стадии проектирование данных систем, применение информационного моделирования на основе BIM-технологий улучшит качество и сроки выполнения. Актуальность и применение технологии информационного моделирования заключается в возможности на программном уровне увеличить качество, скорость и эффективность выполненной проектной документации за счет оптимизации взаимодействия разработчиков проекта. BIM моделирование значительно уменьшает стоимость строительно-монтажных работ за счет точного вывода информации о количестве необходимых ресурсов для осуществления строительства и ввода объекта в эксплуатацию.

Увеличение производительности, качества и минимизации ошибок достигается с возможностью работы над информационной моделью в едином облачном пространстве или внутри единой сети. Это позволяет разработчикам всегда работать в актуальной трехмерной модели объекта, отслеживать все изменения проектов смежных систем, и вносить соответствующие корректировки [3].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Одной из важнейших возможностей BIM является совместная работа, позволяющая нескольким участникам группы одновременно работать над одной и той же моделью проекта.

Данную работу можно осуществлять в таких программах, как Autodesk Revit , Tekla , комплексе Autodesk Revit.

В большинстве случаев в разработке проекта участвуют несколько исполнителей (архитекторы, конструкторы, проектировщики инженерных сетей), каждый из которых отвечает за свою определенную часть работы(рис.1) [4].



**Рис.1.**Рабочий набор - Коллекция элементов в проекте.

Для архитектуры рабочие наборы обычно определяют отдельные функциональные области, например, внутренние зоны, наружные зоны, площадку или парковку.

Для проектирования систем зданий рабочие наборы могут очертить такие функциональные области, как Отопление, вентиляция и кондиционирование, электрооборудование, сантехника или трубопроводы.

При организации совместного доступа можно разделить проект на рабочие наборы, за каждый из которых будет отвечать определенный участник проектной группы [6]

В организации совместной работы есть три основных метода:

- совместная работа на основе сервера

Метод совместной работы, предусматривающий сохранение модели из хранилища на Revit Server, доступном участникам группы непосредственно через WAN или через акселератор Revit Server.

- совместная работа на основе файла

Метод совместной работы, предусматривающий сохранение модели из хранилища в файле, расположенном в сети.

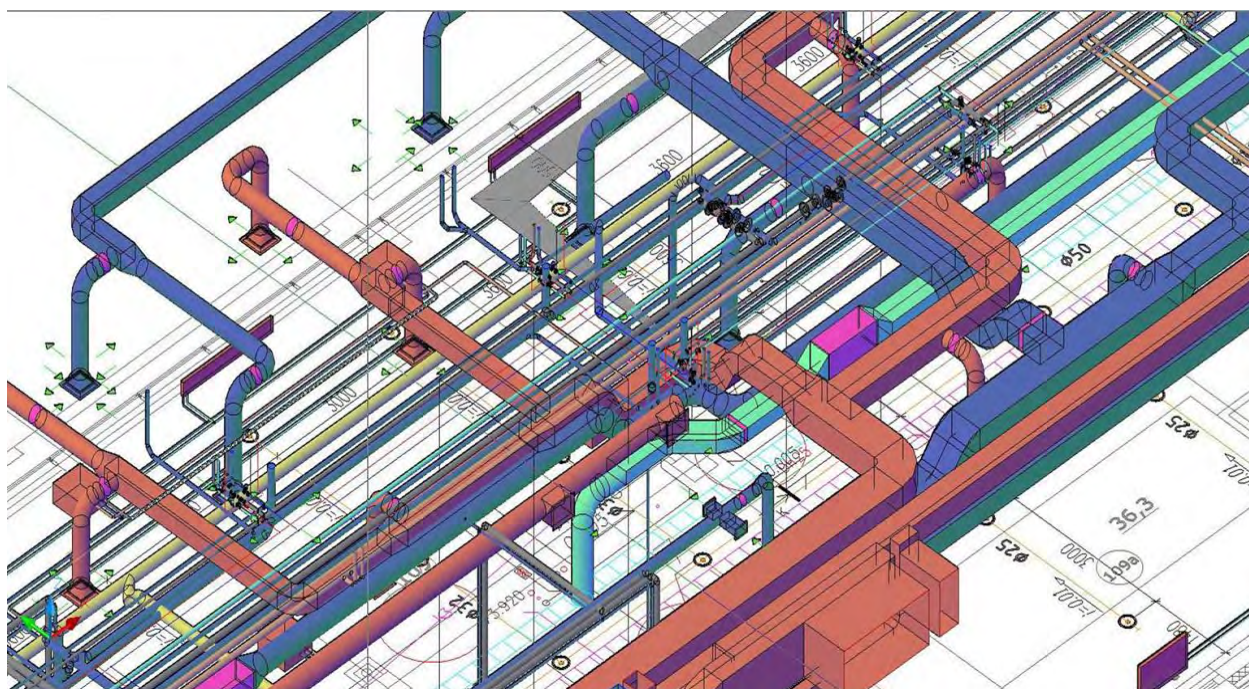
- совместная работа в облаке

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Представленные информационные трехмерные модели позволят на разных этапах проектирования обнаружить пересечения со смежными сетями. Внедрение BIM – это одно из

требований рынка проектно-строительной отрасли. Благодаря применению технологии BIM проектная организация может извлекать необходимые данные из единой, насыщенной информационной модели и уже в начале работы прогнозировать конечные результаты проектов инженерных сетей, таких как: отопление, вентиляция и кондиционирование, так же водоотведение и водоснабжение, электричество и даже слаботочные системы на атомных станциях. Такой технический подход к проектированию, способен организовать в быстром порядке выдачу заданий смежным инженерным сетям, такие как задание на отверстия или неувязку с сетями и замечания на их дальнейшее редактирование. Информационные 3D модели возможно связывать между собой, в последствие с дальнейшим ее изменением. признать, что большинство прогрессирующих проектных групп постепенно переходят от 2D моделирования к 3D (рис.2).

BIM-технологии позволяют сделать большой шаг вперед при проработке объекта – от принятия концептуального решения при проектировании до вывода объекта в эксплуатацию. Данная технология так же поспособствует снижению сроков различных работ связанных с реконструкцией инженерных сетей. Благодаря этой технологии мы усовершенствуем коммуникацию с заказчиками, подрядчиками и другими участниками проекта, научимся определять и оперативно устранять коллизии задолго до начала монтажа инженерных сетей, снизим финансовые издержки и сэкономим время, будет уменьшаться риск возможных конфликтов. Появление и распространение трехмерной технологии дает толчок новому подходу к созданию проектно-сметной документации [7].

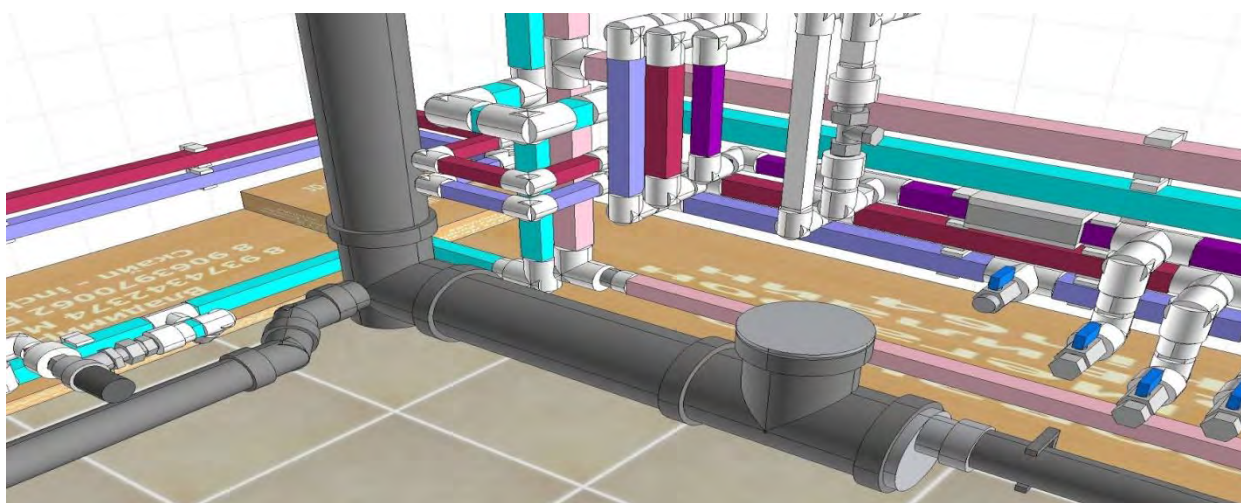


**Рис.2.** 3D модель системы отопления и вентиляции, увязка между сетями

Еще одно не менее популярное решение на рынке строительства связанное с BIM-технологиями – это инструмент для инженеров MagiCAD. На основе BIM-технологиями можно строить трехмерные модели, производить инженерные расчеты, собирать спецификации и получать отличные результаты в короткие сроки.

Продукт BIM состоит из модулей, которые закрывают многие инженерные разделы, но наибольшей популярностью у инженеров пользуются разделы, связанные с отоплением, вентиляцией и кондиционированием – в этих разделах степень удовлетворения может достигать 90%, для данного раздела в программе проработано большинство деталей, оборудования, фитингов и тд, которые необходимы чтобы перейти от построенной информационной модели к расчету и компоновки спецификации. Кроме того, данным решением можно решить проблему с проектированием наружных сетей (тепло-, газ-), водоснабжение (в меньшей степени). К сожалению, на сегодняшний момент проводная часть (электрика, телефония, интернет, системы доступа и т.п.) реализована в разы хуже, но данный раздел все равно проектируется при помощи данного подхода и в скором времени будет пользоваться большим спросом (рис.3).

Но самое главное: BIM-технологии базируется на сторонних платформах MagiCAD, AutoCAD и Revit, из-за чего следует выделить тот факт, что BIM-решений значительно облегчают работу проектировщиков. Информационная модель, созданная в программном обеспечении MagiCAD способна увязываться с информационной моделью, созданной в смежной системой в Revit и при помощи возможности отслеживания пересечений, заметить ошибки проектирования на раннем этапе [8].



**Рис.3.** Система водоснабжения и водоотведения



## ВЫВОДЫ

Проектирование инженерных систем - это комплекс работ, включающий в себя выбор возможного технического решения, разработку необходимых чертежей, подбор требуемого оборудования и расчет системы

В данной статье были описана BIM-технологии на основе различных программных комплексов, основной целью которых было – улучшить организация технического подхода к проектированию инженерных систем в атомной энергетик. Объектами исследования являлись инженерные системы (отопление, вентиляция, кондиционирование, электроснабжение и др.) и увязка их между собой на стадии проектирования.

Данный процесс значительно сократит сроки проектирования, автоматизирует большинство процессов, поспособствует увязке смежных систем и увеличит качество выполнения проектной документации, что является положительным результатом нашей работы. Такой технологический подход пользуется большим спросом со стороны проектных групп как за рубежом, так и на территории Российской Федерации, что определяет масштабы развития этого процесса.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Хазиахметова А.А., Субботин А.С. Организационно-технологические мероприятия по строительству объектов утилизации отходов на сельскохозяйственных предприятиях с применением биотехнологий. В сборнике: Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории Земли. Сборник материалов семинара. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра инженерных изысканий и геоэкологии. 2019. С. 94-99. Subbotin, A., Morev D. The diamond cutting technology in hydrotechnical concrete structures. E3S Web of Conferences 91, 02051 (2019) [Электронный ресурс]: [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/17/e3sconf\\_tpacee2019\\_02051/e3sconf\\_tpacee2019\\_02051.html](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/17/e3sconf_tpacee2019_02051/e3sconf_tpacee2019_02051.html). (дата обращения: 20.04.2020)
2. Талапов В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. ДМК-Пресс 2015 г. 412 стр. ISBN: 978-5-97060-291-1
3. Eastman, C., Tiecholz, P. Sacks, R., Liston K. BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. (2008).

4. Технологии информационного моделирования [Электронный ресурс].
5. «Понятие BIM технологии в проектировании: что такое информационное моделирование зданий в строительстве" [Электронный ресурс]: <https://www.zwsoft.ru/stati/ponyatie-bim-tekhnologii>. (дата обращения 12.03.2020)
6. «BIM проектирование в Revit. Создание инженерных систем» [Электронный ресурс]. [https://zandz.com/ru/biblioteka/webinar\\_bim\\_proektirovanie\\_v\\_revit\\_sozdanie\\_inzhenernyh\\_sistem\\_2.html/](https://zandz.com/ru/biblioteka/webinar_bim_proektirovanie_v_revit_sozdanie_inzhenernyh_sistem_2.html/). (дата обращения 12.03.2020)
7. Адамов Е.О., Большов Л.А., Ганев И.Х. и др. Белая книга ядерной энергетики М.: Изд-во ГУП НИКИЭТ, 2001. 269 с. ISBN 5-86324-035-0

## СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СВАО МОСКВЫ

**Нижегородов Д. И.<sup>1</sup>, Пантелеев Д. Ю.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>студент 2 курса 3 группы МФ-2-3 НИУ МГСУ

**Научный консультант: Криночкина О.К.**

канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В данной статье поднимается проблема нынешнего экологического состояния Северо-Восточного Административного округа (СВАО) Москвы и рассмотрены пути его улучшения. В статье приведены в основном результаты исследований почвы и атмосферного воздуха, а также были выявлены причины их загрязнения. Был так же проведен анализ влияния загрязняющих веществ на здоровье населения. Помимо этого, были предложены методы борьбы с загрязнением атмосферы, в числе которых использование новых разработок двигателей автомобилей, т.к. загрязнение от их работы (выхлопы) в СВАО – самый главный негативный фактор. Благодаря предложенным рекомендациям, состояние окружающей среды (ОС) в СВАО может быть улучшено, и, как следствие этого, улучшится качество жизни населения.

**Ключевые слова:** токсин, канцероген, концентрация загрязняющих веществ, виды двигателей, рядный двигатель.

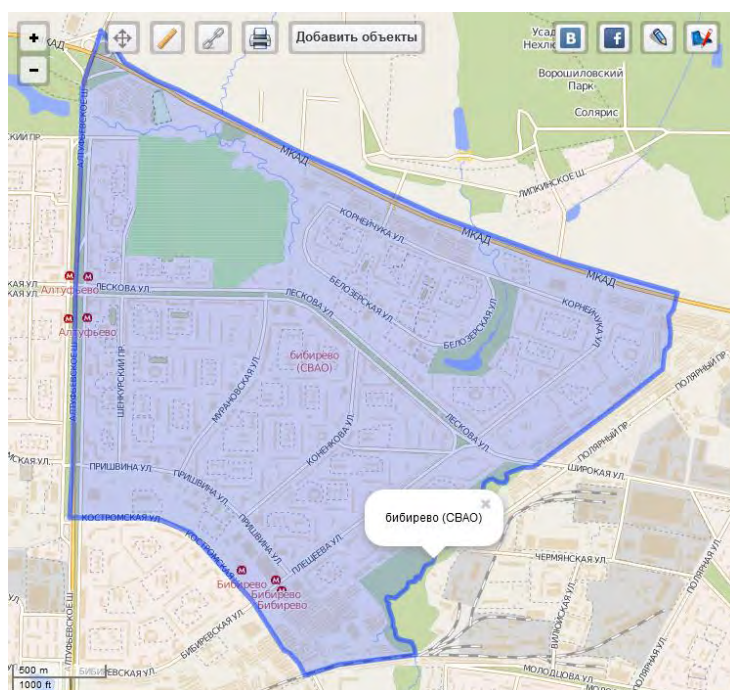
### **ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день, актуальной проблемой, является экология мегаполисов, в том числе и Москвы, так как здоровье и физическое состояние населения, зависит от благоприятной экологии. Таким образом, проблема - экологии в стране, является одной из основных проблем государства и требует его особого государства. Москва – крупнейший мегаполис страны. Помимо проблем, связанных с перенаселением, город испытывает экологические загрязнения, источником которого является развитая промышленность - столица является крупным промышленным центром [1].

Бибирево – это район, который находится в Северо-Восточном административном округе Москвы (рис.1). Расположен он на Северной окраине Москвы, примыкает к МКАД. Бибирево, считается одним из немногих, экологически чистым районом Москвы. На

территории района расположены 2 парка: Лианозовский питомник и деревня Бибирево (Этнографическая деревня).

Выше было упомянуто, что Северо-Восточный округ, является достаточно чистым в отличие от других округов Москвы. Доказательством этого является схема (рис.2), на которой представлены районы-округи Москвы [2]. Здесь мы отчётливо видим, что от Центрального округа Москвы до Юго-Восточного округа состояние окружающей среды неблагоприятное, также в эту область попадает часть Восточного округа Москвы. Южный, Юго-восточный округ, а также и Северный округи Москвы, имеют неблагоприятное состояние окружающей среды. Северо-Восточный же округ, находится в зелёной области - (относительно благоприятный). Это можно объяснить следующим образом: здесь почти нет промышленных предприятий, хотя большое количество автотранспорта и близкое соседство с МКАД, что сильно влияет на состояние ОС, более подробно эта проблема разобрана в следующей главе.



**Рис.1.** Карта-схема района исследования

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В статье рассмотрены и проанализированы данные из Государственного доклада за 2017 год и литературные данные по теме исследования. Автором проведен анализ влияния загрязняющих веществ на здоровье населения. Также были сделаны выводы касательно причин загрязнения воздуха и почв СВАО.



## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Так как в Северо-Восточном административном округе (СВАО) почти нет никаких промышленных предприятий, основной вред окружающей среде (в основном, атмосферному воздуху и почве) приносит большое количество автотранспортных средств, а точнее их выхлопы и другие вещества, которые выбрасываются в окружающую среду. Ниже приведена схема (рис.2) загрязнения почвы г. Москвы. Видим, что на данной схеме (рис.3) Северо-Восточный округ города Москвы является наиболее более экологически чистым округом в отличие от других округов столицы.



Рис. 2. Состояние окружающей среды в г. Москве по данным Госдоклада[1]

Кроме того, доказательством того, что СВАО является наиболее экологически чистым районом города Москвы представлено на диаграмме (рис.4), где видно, что вклад, который он вносит в загрязнение атмосферного воздуха Москвы, составляет всего два процента.

### Основные источники загрязнения окружающей среды:

Главной экологической проблемой района является загрязнение атмосферного воздуха, так как рядом с районом проходит МКАД и другие автодороги (Алтуфьевское шоссе и др.). Они загрязняют атмосферный воздух следующими веществами: окись углерода, двуокись азота, свинец, кадмий, цинк. Эти вещества являются сильными токсинами. Технические параметры многих автомобилей не соответствуют санитарным требованиям. Поэтому существенно загрязняется воздух и почва.



Рис. 3. Состояние почв г. Москвы [1]

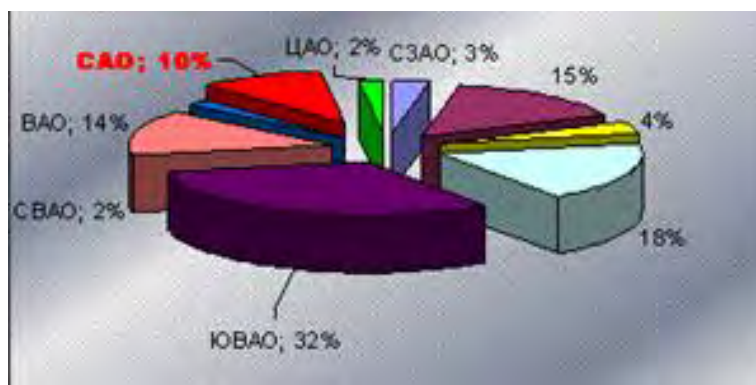


Рис. 4. Диаграмма – состояние всех районов Москвы по загрязнению ОС

Влияние на человека оказывают вещества, которые попадают в воздух из-за изношенных шин, а также выхлопных газов от автотранспорта. Двуокись азота – неорганическое соединение состава характеризуется специфическим запахом, который в значительных концентрациях становится удушливым. Имеет высокую химическую активность. Пороговым значением присутствия газа в воздухе для человека считается 0,23 мг на куб. метр. При вдыхании этого соединения в течение 10 минут слабеет обаяние, и мы перестаем чувствовать его запах. Также будут такие симптомы как сухость в горле раздражение слизистой, которые проходят при концентрации, превышающей пороговое значение в 15 раз. Ухудшается зрение, так как действует на слизистые оболочки, присутствия диоксида азота в воздухе приводит к развитию хронических заболеваний, наиболее распространенными среди которых являются: трахеит, бронхит, перфорация носовой перегородки, пневмосклероз.

Основными источниками, влияющие на выброс диоксида азота в атмосферу являются автотранспортные средства, выхлопные газы которых вносят наибольший вклад в концентрацию вещества в городском воздухе и сжигание твердых отходов (в частности, на мусоросжигательных заводах). Суточная динамика концентраций оксидов азота довольно тесно связана с интенсивностью движения автотранспортных средств и солнечного излучения. В утренние часы увеличение количества автомобилей на дорогах приводит к заметному повышению содержания монооксида азота, который с восходом солнца в результате фотохимического окисления переходит в NO<sub>2</sub>. Среди всех окислов группы NO<sub>x</sub> самым опасным для окружающей среды и человека является именно диоксид азота. Его класс опасности – второй. Предельно допустимая максимально-разовая концентрация (ПДК) диоксида азота в воздухе населенных пунктов равна 0,085 мг/м<sup>3</sup>, среднесуточная – 0,04 [3].

В итоге можно сказать, что двуокись азота является опасным веществом, которое очень сильно влияет на почву и воду, соответственно и на организм человека.

Кадмий - тяжелый металл, который присутствует в шинах. Очень сильно влияет на организм человека, его токсичное воздействие основано на блокировке серосодержащих аминокислот, которые приводят к нарушению белкового обмена и поражению ядра клетки. Также выводит кальций из костей и поражает нервную систему, накапливаться в почках и печени, а выводится из организма он очень медленно. Проявления кадмия на организм человека при вдыхании: повышается температура тела, появляется озноб и боли в мышцах. Через некоторое время происходит повреждение легких, возникает боль в груди, одышка, кашель. Бывает такое, что в тяжелом случае вызывает смерть больного. Кадмий способствует развитию заболеваний почек и остеопороза, также повышается вероятность образования рака легких. У взрослых и детей начинает искривляться позвоночник и происходит деформация костей. В детском возрасте отравление им приводит к энцефалопатии и нейропатии. Со временем кадмий накапливается в организме и приводит к разрушению многих органов.

Цинк – так же присутствует в автомобильных шинах. При проникновении этого металла в организм через рот возникают патологические изменения в почках, при большом количестве развивается желтуха. Также он влияет на уровень кальция в крови, который снижается вследствие антагонизма между этими металлами. Симптомы: у человека внезапно возникает высокая температура, потливость и тошнота. Часто появляется приступ немотивированной дрожи, постоянно хочется пить. Нарушает метаболизм фосфора и развивается остеопороз, вызывает бесплодие. Таким образом является очень опасным веществом.

Свинец – это тяжелый металл, токсичен, смертельная доза для человека 10 г, является канцерогеном. Трудно выводится из организма, а также вызывает тяжелые

хронические заболевания. Для детей: свинец даже при низких дозах вызывает снижение интеллектуального развития, внимания и умения сосредоточиться, появление агрессивности. Высокие дозы ведут к умственной отсталости, вызывают кому. Для взрослых свинец проявляется повышением кровяного давления, нарушением в нервной системы, почек, печени. Свинец попадает в окружающую среду от автотранспорта, так как в бензине содержится свинец. Попадает через слизистую оболочку рта (ГОСТ Р ИСО 14031-2001. Управление окружающей средой. Оценивание экологической эффективности. Общие требования).

## **ВЫВОДЫ**

1. Меры по улучшению окружающей среды это: строительство дополнительных объездных дорог, чтобы было меньше заторов и тем самым меньше выхлопов от автотранспорта. Правильная организация дорожного движения, то есть уважение к другим водителям на дороге. Необходимо следить за своим автомобилем, вовремя ремонтировать и недопускать критического состояния, так как это тоже влияет на окружающую среду. Обеспечение автомобиля и наличия в продаже только качественного топлива(ГОСТ 33997-2016 "Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки").

2. Переход автомобильного транспортного средства на новый вид двигателя. Один из них был придуман в советское время. Это – вид двигателя, работающего на воде, т.е. он извлекает потенциальную химическую энергию из воды, но их выпуск так не был реализован. Также существуют и другие виды двигателей, внедрение которых могло бы значительно улучшить экологическое состояние урбанизированных территорий:

1. *Оппозитный двигатель*. Главным отличием данного двигателя является расположение цилиндров. Цилиндры в нем установлены горизонтально, в отличие от большинства двигателей. То есть движение поршней осуществляется не вверх и вниз, а справа налево и наоборот. Благодаря такому расположению цилиндров высота двигателя уменьшена, а также уменьшается центр тяжести транспортного средства, благодаря этому автомобиль движется плавно.

2. *Рядный двигатель*. В рядном двигателе все его цилиндры расположены друг с другом в один ряд. Его отличительной чертой является высокая стабильность, характеристики крутящего момента на низких оборотах, а также низкий расход топлива и компактный размер. Принцип работы такой же, как и у обычных двигателей внутреннего сгорания.

3. *V-образный двигатель*

Особенностью данного двигателя является то, что все цилиндры разделены на две группы друг напротив друга под определенным углом. Мотор образует плоскость под углом. Если посмотреть со стороны на данный двигатель, то увидим, что он имеет V-образную форму. Они имеют небольшую высоту и длину. Такой тип моторов удобнее, по сравнению с обычными рядными моторами, так как гораздо меньше [4].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». Минприроды России, Документы, государственные доклады «О состоянии окружающей среды» РФ, вып. 28.12.18
2. Ягодин Г.А., Аргунова М.В., Плюснина Т.А., Моргун Д.В. Экология Москвы и устойчивое развитие // «Московские учебники и картолитография», 2008, 351 с.
3. Диоксид азота: влияние на человека. [Электронный ресурс]: [https://www.syl.ru/article/172799/new\\_dioksid-azota-vliyanie-na-cheloveka-dioksid-azota-klass-opasnosti](https://www.syl.ru/article/172799/new_dioksid-azota-vliyanie-na-cheloveka-dioksid-azota-klass-opasnosti). (дата обращения 10.04.2020)
4. 8 самых известных типов двигателей в мире. [Электронный ресурс]: <https://1gai.ru/publ/522108-8-samyh-izvestnyh-tipov-dvigatelay-v-mire-vot-chem-oni-otlichayutsya.html>. (дата обращения 10.04.2020)

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЮ КОРОНОВИРУСА ЧЕЛОВЕКА**

**Никишова А. А.**

студент 2 курса 11 группы ИИЭСМ НИУ МГСУ

**Научные консультанты: Курочкина В. А.<sup>1</sup>, Яковлева И. Ю.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>канд. техн. наук, доцент кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

<sup>2</sup>старший преподаватель кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Предметом исследования является появление вспышки Коронавируса человека в Китае город Ухань. Проблема заключается в причинах возникновения данного вируса. Одним из путей заражения людей является контакт человека с дикими животными, такими как крысы, летучие мыши, панголины, змеи и др. Целью исследования является изучение появления вирусов в результате взаимодействий людей и животных, которые могли стать одной из причин появления нового вируса. Рассмотрены основные пути передачи коронавирусов от животных к людям. Определены меры по минимизации взаимодействия между людьми и дикими животными

**Ключевые слова:** вирус, коронавирус, уничтожение животных, панголин, крысы, циветта, летучие мыши.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В декабре 2019 г. в Китае в провинции Ухань были выявлены массовые случаи заболевания людей вирусными инфекциями, вызванными коронавирусом 2019-nCoV. Это заболевание стало распространяться как в Китае, так и за его пределами. По данным телеканала РБК на 24.02.2020, в Китае число инфицированных составило свыше 77 тыс. человек, количество летальных случаев более 2400, выздоровели 23 тыс. человек, в Южной Корее число инфицированных более 550 человек, количество летальных исходов – 4, в Италии инфицировано 76 человек, летальных исходов - 2. При этом основным очагом инфекции остается провинция Ухань в Китае.

Авторы данной статьи и детский педиатр Комаровский Е.О. считают, что возникновению этой эпидемии способствовало негативное воздействие человека на окружающую среду.

Поэтому для предотвращения возникновения подобного в будущем, изучение вопросов, связанных с появлением вирусов вследствие действий человека являются актуальными.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Вирусы являются наиболее распространенной формой жизни и заражают практически все организмы [1]. К настоящему времени известно около тысячи видов вирусов. Около 500 видов вирусов, поражающие человека, уже изучены. При этом появляются новые вирусы, которые могут оказывать негативное воздействие на человека. Авторы в своей работе [2] отмечают, что до 2003 года было известно только 2 вида коронавируса, которые могли вызывать заболевание человека. Как правило они проявлялись легкими симптомами, такими как простуда у взрослых и более тяжелые заболевания у детей, пожилых людей и людей с ослабленным иммунитетом. В ноябре 2002 года необычные случаи «атипичной пневмонии» произошли в городе Фошань, провинция Гуандун, в Китае. Это заболевание было вызвано коронавирусом, получившим название SARS-CoV. Эпидемия SARS-CoV распространилась на 29 стран и регионов, и было очевидно, что глобальное общественное здравоохранение, медицинские и научные сообщества не были должным образом подготовлены к появлению осложнений в виде атипичной пневмонии вызванной этим видом вируса. Цепи передачи вируса от человека человеку произошли в Торонто в Канаде, Особом административном районе Китая Гонконг, в китайском Тайбэе в Сингапуре и в Ханое во Вьетнаме. В общей сложности было зарегистрировано 8096 случаев атипичной пневмонии (в том числе 774 случая смерти). В результате своих исследований авторы пришли к выводам, что первоначальными источниками заражения были дикие животные, продаваемые на рынках Гуанчжоу на юге Китая. По всей видимости коронавирус от этих животных передался продавцам, а в последствии, к покупателям этого рынка. При этом у некоторых продавцов, у которых анализы подтвердили присутствие коронавируса, заболевание протекало бессимптомно [2]. Авторы [3] провели широкое исследование разных видов животных, продаваемых на рынках Китая, и выявили, носителями вируса SARS-CoV могут являться пальмовая цветта в маске (рис.1), енотовидные собаки, красные лисы и др. Также отмечается, что цветты могли заразиться вирусом от других животных на рынках, так как в анализах цветт, проживающих в дикой природе и на фермах вирус не был обнаружен. При этом авторы [2,3] сходятся во мнении, что подковообразные летучие мыши являются естественным резервуаром вируса SARS-CoV. Авторы [4,5] в своих работах говорят о том, что появление еще одного неизвестного коронавируса было зафиксировано в сентябре 2012 г. Вирус получил название MERS-CoV и вызвал продолжающуюся эпидемию на Аравийском полуострове, также были



зарегистрированы вывозные случаи в Европе, Северной Африке, Юго-Восточной Азии и Соединенных Штатах Америки. По состоянию на 15 мая 2014 года во всем мире официально зафиксировано 572 лабораторно подтвержденных случаев заражения MERS-CoV, в том числе 173 – смертельных. Существует доказательства того, что верблюд являлся источником для передачи инфекции человеку [4,5].



**Рис.1.** Пальмовая циветта в маске



**Рис. 2.** Китайский панголин [6]

Новая и самая масштабная вспышка коронавирусной болезни 2019 года (COVID-19), вызванная новым коронавирусом 2019 года (SARS-CoV-2), началась на одном из рынков диких животных в городе Ухань в Китае и широко распространилась по всему миру. Так как коронавирусы являются зоовирусами, то одним из предполагаемых естественным резервуаром являются летучие мыши. Исходя из опыта распространения ранее появившихся вирусов SARS-CoV и MERS-CoV, которые прежде чем попасть в организм людей обычно переходят в промежуточных хозяев, таких как, циветы и верблюды и др.м в настоящее время ученые изучают потенциальных промежуточных хозяев SARS-CoV-2 для контроля



распространения COVID-19. В своих исследованиях [7] ученые указывают на то, что этим животным с большой долей вероятности является панголин.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Рассмотрим, что собой представляет животное панголин и какое отношение оно имеет к рынкам в Китае.

Панголин, млекопитающее животное внешне напоминающий муравьеда, но отличается от него мощной броней из крупных твердых роговых пластинок. Встречаются следующие виды панголинов: чернобрюхий панголин, белобрюхий панголин, гигантский панголин и наземный панголин, обитающие в Африке к югу от Сахары, индийский панголин, филиппинский панголин, яванский панголин и китайский панголин встречаются в значительной части Южной, Восточной и Юго-Восточной Азии. Китайский панголин - млекопитающее маленького и среднего размера, его общая длина составляет около 90 см, а вес 3–5 кг, но особи могут весить более 8 кг. Населяет первичные и вторичные тропические леса, известняк, бамбук, смешанные хвойные и широколиственные леса, горные леса, луга и сельскохозяйственные поля. Питаются муравьями и термитами, при этом выполняют важную экосистемную функцию, способствуя регуляции популяций насекомых. Панголины являются добычей для африканских и азиатских львов, тигров и шимпанзе. В последние годы произошло серьезное сокращение численности этих животных. Связано это не только с потерей среды обитания, но и с бесконтрольной охотой для местного потребления и международного использования [8].

Международная торговля и внутренняя торговля панголинами в настоящее время признана наиболее значительным препятствием для сохранения как для азиатских, так и для африканских видов. Мясо панголинов считается деликатесом, и его чешуйки и другие части тела используются в традиционной азиатской медицине для лечения целого ряда заболеваний. В настоящее время доказано, что никакой медицинской ценности чешуйки и части тела панголина не имеют. При этом панголин занесен в Красную книгу, так как является исчезающим видом. Сложность восстановления популяций панголина состоит еще и в том, что это животное не может размножаться и содержаться в неволе, так как имеет ограниченный рацион [9]. При этом уничтожение панголинов приведет к бесконечному увеличению численности термитов и муравьев.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Проанализировав ситуацию можно выделить следующие моменты:

1. Коронавирус COVID-19 является самым опасным из ранее выявленных коронавирусов (SARS-CoV и MERS-CoV), умершие исчисляются десятками тысяч, зараженные сотнями тысяч людей по всему миру.
2. Источником распространения коронавируса SARS-CoV в 2002 г. и COVID-19 в 2019 являются рынки диких животных в Китае.
3. Естественным резервуаром коронавирусов являются летучие мыши.
4. Промежуточными хозяевами при передаче являются дикие животные., в частности при передаче COVID-19 – панголин.
5. Панголин находится на грани вымирания и занесен в Красную книгу, при этом свободно продается на азиатских рынках, в том числе и в Китае.

## ВЫВОДЫ

В качестве экологических аспектов возникновения коронавируса COVID-19 можно выделить бесконтрольное использование и уничтожение диких животных. При этом возникновение вспышки коронавируса SARS-CoV, с источником которой был один из Китайского рынка животных, не послужило основанием для закрытия этих рынков. При этом животные, находящиеся на грани исчезновения продолжали продаваться на этих рынках. Именно действия человека, направленные на уничтожение дикой природы и стали причиной возникновения COVID-19 и поставили под угрозу здоровье и жизнь людей всего мира. Поэтому необходимо принять меры, которые изолировали бы дикую природу от человека.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Dennis H. Bamford, Jonathan M. Grimes, David I. Stuart What does structure tell us about virus evolution//Current Opinion in Structural Biology. 2005. V. 15. Pp. 655-663. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.sbi.2005.10.012>
2. David S.C. Hui, Alimuddin Zumla, Severe Acute Respiratory Syndrome Historical, Epidemiologic, and Clinical Features //Infectious Disease Clinics of North America, 2019, V. 33. Pp. 869-889 <https://doi.org/10.1016/j.idc.2019.07.001>
3. Zhengli Shi, Zhihong Hu A review of studies on animal reservoirs of the SARS coronavirus //Virus Research, 2008, V.133, Pp. 74-87. [Электронный ресурс]: <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2007.03.012>. (дата обращения 23.03.2020)
4. Androula Pavlia, Sotirios Tsiodras cd, Helena C. Maltezou Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV): Prevention in travelers //Travel Medicine and Infectious Disease,

- 2014, V. 12, Pp. 602-608. [Электронный ресурс]: <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2014.10.006>. (дата обращения 23.03.2020)
5. John S Ji Origins of MERS-CoV, and lessons for 2019-nCoV // *The Lancet Planetary Health*, 2020. [Электронный ресурс]: doi: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30032-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30032-2). (дата обращения 23.03.2020)
  6. Zoogalaxy - an educational and perceptual web portal [Электронный ресурс]: <http://zoogalaxy.net/> (дата обращения 23.03.2020)
  7. Tao Zhang, Qunfu Wu, Zhigang Zhang Probable Pangolin Origin of SARS-CoV-2 Associated with the COVID-19// *CURRENT-BIOLOGY*, 2020. [Электронный ресурс]: doi:<https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.03.022>. (дата обращения 23.03.2020)
  8. Pangolins // *Science, Society and Conservation Biodiversity of World: Conservation from Genes to Landscapes*, Edited by: Daniel W.S. Challender, Helen C. Nash and Carly Waterman, 2020, 658 pp. [Электронный ресурс]: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02849-5>. (дата обращения 23.03.2020)
  9. Mingxia Zhang, Ana Gouvei, Tao Qinac, Ruichang Quanab, Vincent Nijman Illegal pangolin trade in northernmost Myanmar and its links to India and China // *Global Ecology and Conservation*, 2017, V. 10, Pp/ 23-31

## **СОХРАНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАК ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ СТРОИТЕЛЬСТВА УНИКАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

**Пазухина А.Ю.**

студентка 2 курс 61 группа ИСА НИУ МГСУ

**Научный консультант: Суздалева А.Л.**

д-р биол. наук, профессор кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Рассмотрен вопрос особенностей экологических и культурных изысканий в процессе строительства уникальных зданий в больших городах. Осуществление новых больших и сложных проектов вызывает серьезные изменения в окружающей среде. Предложены варианты минимизации вреда окружающей среде при строительстве современных сооружений. Показана необходимость разработки универсального метода экологических изысканий для дальнейшего расширения крупномасштабного высотного и уникального строительства. Этот метод должен быть выгоден не только застройщику, но и проживающему близ строительного объекта населению. Для выявления основных тенденций правильных экологических изысканий рассмотрен объект «Лахта-центр», расположенный в Санкт-Петербурге.

**Ключевые слова:** высотное строительство; сохранение окружающей среды; культурное наследие; экологические изыскания; креативная парадигма.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В современном мире всё шире развивается строительство уникальных зданий и сооружений, которое требует особых изысканий на всем этапе воплощения проекта: от создания планов, исследования местности до возведения сооружения и его дальнейшей эксплуатации. Ни для кого не секрет, что будущее стоит за высотными и уникальными зданиями. Они занимают большую площадь, вмещают в себя большое количество людей, поэтому необходимость строить их встает в больших городах, в которых существует уже свой установившийся микроклимат, биологическая система, которые нельзя грубо нарушать. Помимо биологических изменений сооружения больших размеров могут повлиять на культурный облик города, что вызовет у жителей негативные эмоции и изменит их жизнь.

При строительстве высотных и уникальных сооружений необходимо соблюдать меры по сохранению и улучшению окружающей экологической обстановки. Это должно являться одной из главных целей современного высокотехнологичного строительства. Необходимо выявить, какими способами строительство уникальных зданий может положительно повлиять на экологию. Тогда строительная отрасль в дальнейшем сможет не только выполнять задачу обеспечения человечества необходимыми для деятельности объектами, но и улучшать окружающую среду путем очищения прилегающей территории, озеленения, предоставления объектов для досуга, создания удобной жилой среды для всех членов общества и многое другое.

Помимо удобства в эксплуатации объект должен иметь высокие внешние и внутренние эстетические качества, чтобы с течением времени не терять свою актуальность и востребованность, но в то же время не заглушать культурный облик города. То есть, строительство уникальных зданий и сооружений должно быть согласовано с комитетом по градостроительству и архитектуре региона для того, чтобы было выбрано оптимальное расположение строительной площадки, исключая нарушение исторического вида города, и поставлена наиболее значимая цель строительства для блага всего региона.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Чтобы выявить основные объекты экологических изысканий при строительстве высотных и уникальных зданий, предлагается рассмотреть, как пример, проект бизнес-центра «Лахта-центр», реализованный в Санкт-Петербурге. Для этого в статье используется проектная документация данного строительного объекта, а также ссылки на заключения специалистов в процессе экологических изысканий при строительстве этого проекта. Поскольку данный проект имел притязания между жителями города и застройщиком в вопросе культурного влияния на исторический облик города, в статье будут приведены выкладки из федерального законодательства города Санкт-Петербург по теме высотного строительства на территории города федерального значения.

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ**

В рамках исследования выявляются три главных задачи современного строительства, а именно:

- Получить проект, востребованный для всего населения: для застройщика, для целевой аудитории будущего сооружения, а также для жителей населенного пункта, в котором сооружение возводится;

- Сделать влияние строительства, технического обслуживания, использования, а также примыкающих сфер жизнедеятельности людей (транспорт, отдых и др.) на окружающую среду положительным;
- Не нарушить культурный облик населенного пункта.

Опираясь на базу экологических изысканий, разработанную Теличенко В.И. [1] для инженеров-строителей, и рассматривая особенности экологических изысканий «Лахта-центра», необходимо проводить замеры изложенных ниже характеристик на всех этапах строительства:

- пробы грунта, пробы воды в близлежащем водоеме, начальные концентрации содержащихся в них веществ;
- состояние близлежащих природных объектов, их заселенность животными и растениями; расчет изменения их жизнедеятельности вследствие строительства и эксплуатации сооружения;
- состояние гидротехнических и тепловых сооружений, относящихся к близлежащим жилым территориям; возможность их использования и/или модификации в рамках строительства нового объекта;
- влияние дорожной обстановки перед началом строительства; расчет будущего загрязнения воздуха по причине большого потока автомобилей, вызванного эксплуатацией сооружения;
- состав строительных материалов, их влияние на окружающую среду;
- шум строительных работ;
- выброс строительной пыли;
- расчет возможного загрязнения прилегающей территории отходами строительства и/или последующей эксплуатацией сооружения.

Если говорить о проблеме сохранения культурного наследия, то специалистам необходимо утвердить проектные размеры, а также целесообразность расположения сооружения в соответствии с действующим законодательством.

## **РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ПРОЕКТЕ «ЛАХТА-ЦЕНТР»**

«Лахта-центр» располагается на берегу Балтийского залива, в Приморском районе города Санкт-Петербург, в муниципальном округе Лахта-Ольгино. На данной территории располагается жилой район, в котором не было обнаружено крупных исторических объектов, которым бы могло помешать строительство рассматриваемого нами объекта. Район застроен малоэтажными зданиями и частными домами.

С точки зрения охраны исторических панорам города вопрос «Лахты-центра» был решен путем обращения к нормативным документам города федерального значения Санкт-Петербург [2], на картах которых видно, что местность, выбранная для строительства «Лахты-центра», не входит в зону ограничений высотного регламента. Также было получено подтверждение от Росавиации [3] о том, что высота здания не повлияет на авиационные и вертолетные пути над городом. Первоначально было выбрано другое место для застройки предыдущего проекта «Охта-центр» высотой 500 метров в Красногвардейском районе города, напротив Смольного собора. Но этот проект не мог быть реализован из-за высотных ограничений и близости к историческому центру города. Поэтому застройщик продал этот участок и приобрел другой, в Приморском районе, изменив при этом генплан бизнес-центра, создав проект «Лахта-центр» высотой 462 метра, где запрет уже не действует.

Рядом со строительной площадкой расположено Приморское шоссе, вдоль которого проложен путь сообщения РЖД. Перед началом строительства были совершены замеры шума и пыли. По окончании работ замеры шума не превышают начальных. В план строительства бизнес-центра было заложено расширение шоссе и строительство новой, большой развязки с целью увеличения пропускной способности автомобилей, которые будут двигаться на территорию «Лахта-центра». Отсутствие пробок уменьшит количество накапливающихся выхлопных газов, которые не будут оседать в близлежащих природных и водных объектах.

Большинство строительных материалов привозилось на строительную площадку водным путем, что сняло с Приморского шоссе большую нагрузку в пиковый период строительных работ самого бизнес-центра и развязки шоссе. Помимо этого, крупные отходы от строительства вывозились со стройплощадки также водным путем на специальный полигон в 65-ти километровой удаленности от города.

Строительная площадка «Лахты-центра» расположилась на месте пескобазы, которая многие годы являлась источником загрязнения района вследствие раздува песка по округе. Из-за уничтожения пескобазы улучшилось состояние близлежащих районов.

Из-за неконтролируемого загрязнения пескобазой прибрежной зоны воды Балтийского залива в данном районе пребывали в плачевном состоянии, что мешало жизнедеятельности водоплавающих птиц. Строительство же «Лахты-центра» включало в себя создание глобальной гидротехнической сети канализаций для работы самого бизнес-центра, прилегающей к нему парковой территории отдыха, а также строящегося жилого комплекса, входящего в комплекс «Лахта-центра». По данным застройщика, опасных выбросов в залив не будет, т.к. комплекс оборудован очистительной станцией.

Во время создания котлована проводились замеры плотности и потока радона из котлована. Уровень оказался в пределах нормы. Все замеры проводили эксперты Роспотребнадзора.

Перед началом и во время строительства совершались замеры концентраций вредных веществ в воде залива. Были обнаружены превышения некоторых веществ, но, как выяснилось до начала строительных работ, превышения были вызваны выбросами судов, идущих через залив в порты города. В дальнейшем показания не превышали начальных замеров.

Помимо канализационных систем строительство «Лахты-центра» включало в себя создание новой тепловой станции. Этот шаг был сделан в связи с непригодным состоянием котельной этого муниципального округа для такого грандиозного проекта. Поэтому застройщик решил провести тепло не только в строящиеся объекты: бизнес-центр и новый крупный жилой комплекс, – но и провести трубы к старой котельной, присоединив район к новой станции. Помимо этого, за счет инвестора строится электрическая подстанция, которая так же будет подключена к жилому району Лахта-Ольгино. Управление подачей тепла и электроэнергией было передано муниципальному органу управления. Канализационный коллектор был передан на баланс ГУП «Водоканал». «Лахта-центр» лишь частично будет использовать эти ресурсы. Другие экологические технологии, которые были применены в проекте «Лахта-центр», приведены на Рисунке 1.



Рис. 6. Прочие экотехнологии «Лахта-центра»



Как было упомянуто выше, в проекте указано строительство парковой прибрежной зеленой зоны отдыха, в которой жители муниципального округа Лахта-Ольгино, работники и жители комплекса «Лахта-центр», горожане смогут проводить время на свежем воздухе, в различных досуговых зонах, что положительно повлияет на уровень жизни. Такое решение было согласовано с правительством Санкт-Петербурга [4].

Озеленение и очищение береговой зоны позволит птицам оставаться в этой биологической системе. Орнитологи раз в 10 дней проводили наблюдения за птицами на протяжении всего строительства. Высота здания не мешает миграции птиц через Финский залив. Такое заключение высказал Ковалёв Д.Н., ведущий научный сотрудник биолого-почвенного факультета СПбГУ [5].

Во время строительных работ постоянно проводились замеры шума и пыли. Для сохранения покоя граждан муниципального округа Лахта-Ольгино на стройплощадке были установлены шумо- и пылепоглощающие щиты. Грузовики, выезжающие со строительной площадки, увозя отходы или доставляя строительные материалы на площадку, мылись от строительной грязи, чтобы не распространять грязь по прилежащим территориям города. За всё время строительства нормы шума и пыли не были нарушены.

Данный строительный проект был оценен Руководством по энергоэффективному и экологическому проектированию (англ. Leadership in Energy and Environmental Design, LEED) в соответствии с международным экологическим стандартом и получил сертификат качества LEED Platinum [6] как объект зеленого строительства.

В течение всего строительства экологический мониторинг выполнялся сертифицированной независимой лабораторией «ПромЭкоСфера». Все нарушения, которые были выявлены, в срочном порядке устранялись.

## **ВЫВОДЫ**

1. Были выявлены тенденции, связанные с экологическими изысканиями и работами, обеспечивающими сохранение культурного наследия, при строительстве высотных и уникальных зданий, которые помогут улучшить современную экологическую обстановку в том регионе, где будет располагаться сооружение.

2. В проекте «Лахта-центр» были реализованы новые методики создания среды для человеческой деятельности. Были решены важные задачи урбанистики с использованием экологических и культурных изысканий. Такими новыми и благоприятными факторами для населения прилегающих к строительной площадке территорий стало решение застройщика создать большую, удобную и комфортную зону отдыха, улучшить техническое обеспечение

близлежащих жилых территорий за счет строительства новых канализационных, очистительных, тепловых станций; очистить территорию от скопившегося перед началом строительства мусора и отходов.

3. Строительство будущего будет теперь зависеть не только от необходимости возведения того или иного сооружения, но и от того, как оно повлияет на жизнь окружающих людей и природы. Строительство уникальных зданий требует новых, качественных систем обеспечения, которые будут полезны и прилегающим территориям.

4. Если говорить о креативной парадигме [7], то она будет выполняться, так как будущие поколения смогут пользоваться данным объектом как бизнес-центром, так и зоной отдыха, культурного развития, будут иметь комфортную и безопасную жизнь в данном регионе. А внешние эстетические качества привнесут в картинку города новые краски, показывая мощь и красоту нового высотного строительства России.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теличенко В.И., Слесарев М.Ю. Управление экологической безопасностью строительства. Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду: учебник. Москва: Изд-во Ассоц. строит.вузов, 2005. 383 с.
2. О внесении изменений в постановление Правительства Санкт-Петербурга от 21.06.2016№524: Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 04.07.2017 № 550. Приложение 3. Карта 83.
3. О согласовании высотного строительства Лахта-центра. Росавиация. 19.07.2011.
4. О планировке территории: Постановление правительства Санкт-Петербурга от 12.10.2012№1197.
5. Иванов И. Летайте на здоровье // Российская газета: экономика Северо-запада.23.03.2011.
6. Сертификат LEEDPlatinum. 2018. [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://www.lakhta.center/uploaded/file\\_list/LakhtaCenterTower-LEED.pdf](https://www.lakhta.center/uploaded/file_list/LakhtaCenterTower-LEED.pdf) (дата обращения 20.02.2020).
7. Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Биотехносфера: экология и безопасность жизнедеятельности: монография. М.: МГПУ, 2017. 245 с.

## ВЛИЯНИЕ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ НА ЭКОЛОГИЮ КРАСНОЯРСКА

**Попова Д. В.**

студентка 2 курса 62 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный консультант: Суздалева А.Л.**

д-р биол. наук, профессор кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Только от самих людей зависит, воздухом какого качества им дышать. В настоящее время экология города Красноярск находится в очень тяжелой ситуации. В атмосфере города скапливается большое количество смога. Целью исследования было понять, какой из многочисленных источников загрязнения в большей степени влияет на уровень нахождения в воздухе вредных веществ. Были проанализированы данные, взятые с официального сайта администрации города, о количестве полных дней с НМУ (неблагоприятными метеоусловиями), начиная с 2012 года.

Также были взяты результаты исследований местных активистов, которые определяют уровень смога благодаря равномерно распределенным датчикам внутри города. Кроме этого были учтены данные мировой онлайн-карты AirVisual и исследования 2018 года о влиянии городской застройки на распределение выбросов внутри города.

В результате анализа данных было определено, что наибольший вред атмосфере наносит сжигание угля для отопления города. Но в связи с существующими экономическими особенностями переход от использования угля в качестве топлива к использованию природного газа невозможен по крайней мере ближайшее десятилетие. Поэтому действительно возможный выход из данной ситуации – экологическое проектирование новых районов города.

**Ключевые слова:** НМУ (неблагоприятные метеоусловия); загрязнение атмосферы; бурый уголь; смог; городская застройка; рассеивание выбросов.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Последнее время проблема экологической ситуации в Красноярске всё больше набирает свою актуальность. Некоторые жители Красноярска уезжают из города, устав от периодически возникающих дней с НМУ, когда город накрывает сизый туман и в воздухе пахнет углём, а

также проявляются различные симптомы: головокружение, раздражение глаз, першение в горле, характерные для ситуации, когда люди долгое время дышат воздухом с повышенной ПДК по гидрохлоридам, этилбензолу, взвешенным веществам и формальдегиду. У сложной ситуации с экологией в Красноярске много причин. В данной статье будут кратко проанализированы самые существенные причины, а также определена одна – первостепенная. Так же будет предложен реально возможный способ улучшения экологической ситуации в городе Красноярск.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ:**

Элементы градостроительной структуры урбогеосистемы, трансформируя природные факторы формирования микроклиматического разнообразия территории, создают специфический характер ветрового режима в пределах жилой застройки. Особенности подобной трансформации зависят от характера градостроительной структуры урбогеосистемы и оказывают существенное влияние на формирование условий рассеивания и накопления загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от различных источников [1-5].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Метеорологи вводят режим НМУ ежегодно, начиная с 2012 года, при возникновении условий, при которых затрудняется процесс рассеивания вредных примесей в атмосфере [6-7]. В таблице приведено количество полных дней с «черным небом» в городе. (табл.1.) Данная информация была взята с сайта администрации Красноярска.

**Табл. 1. Мониторинг дней с НМУ в период 2012-2019 г.**

Год	Количество полных дней
2012	43
2013	27
2014	40
2015	70
2016	61
2017	43
2018	31
2019	19

По данным мировой онлайн-карты AirVisual Красноярск неизменно входит в список пятидесяти городов мира с самым загрязненным воздухом. Карта демонстрирует уровень загрязнения атмосферы индексом качества воздуха – AQI, который учитывая концентрацию отдельных загрязняющих веществ, определяет опасность влияния этих элементов на здоровье человека [7]. В феврале 2018 и 2020 года город занимал 1 место в рейтинге, обойдя по уровню загрязнения все города мира. Индекс качества воздуха составил 251 в 2018 году и 207 в 2020. Обе эти цифры входят в 5 категорию «очень загрязненный воздух». На рисунке 1 и 2 приведены скриншоты с сайта AirVisual.



**Рис. 1. Результаты 2018 года**



**Рис. 2. Результаты 2020 года**

Пик загрязнения воздуха приходится на период, когда над городом стоит сильный антициклон, который обеспечивает погоду без ветра и осадков. Таким образом затрудняется выветривание вредных веществ, скопившихся в атмосфере, из города [8]. Так же были проанализированы и учтены результаты исследований ученых из красноярских и новосибирских институтов, которые, используя данные метеорологических наблюдений и специальное программное обеспечение для построения карты ветров, изучили влияние застройки на рассеивание выбросов внутри города [9].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Причин возникновения такой сложной экологической ситуации в городе Красноярск достаточно много. Местные активисты города не соглашаются с теми данными уровня загрязнения воздуха, которые выдает министерство экологии, считая эту информацию некомпетентной. Поэтому они создали свою независимую систему мониторинга: специальные датчики фиксации, которые улавливают частицы РМ 2.5 в воздухе и оценивают качество воздуха и его угрозу для здоровья человека. В 2018 году активисты проанализировали данные за минувший год и выяснили, что с началом отопительного сезона концентрация РМ2.5 в 6-7 раз выше, чем в летний период. Таким образом, они определили, что именно сжигание бурового угля для отопления края наносит наибольший вред атмосфере. На буром угле работают местные ТЭЦ, потребляющие около 6 миллионов тонн в год, больше 40 городских котельных, углем отапливается частный сектор, а это 13 тысяч печей и каминов. Бурый уголь весьма высокого качества добывается вблизи Красноярска, а вот газовых месторождений поблизости нет. Естественно, что при таком положении дел именно бурый уголь используется для отопления края. К тому же экономика региона во многом построена именно на добыче угля и покупая чужой газ, город рискуете потерять целую отрасль собственного производства.

Теперь подробно рассмотрим, какие факторы в большей степени влияют на рассеивание вредных примесей в атмосфере города Красноярск. Прежде всего стоит отметить, что неблагоприятные метеорологические условия включают в себя очень слабые ветры и штили, неблагоприятное направление ветра, возникновение скорости ветра, близкой к опасной для источников выбросов загрязняющих веществ, также приземные и низкие приподнятые инверсии, высокая температура воздуха и туманы.

География города так же играет немаловажную роль в уровне загрязнения воздуха [10]. Дело в том, что Красноярск расположен в котловине и окружен горами, что создает благоприятные условия для накопления загрязняющих веществ. К тому же через город проходит незамерзающая река Енисей, которая не замерзает с начала 70-х годов, когда выше по течению была построена ГЭС. В результате перемешивания воды со дна поднимаются теплые потоки, имея температуру примерно 4 градуса выше нуля и, не успевая остыть, идут до Красноярска. В результате над городом образуется пар, который, смешиваясь с выбросами, создает некую крышку над городом, полную вредных для здоровья людей продуктов сжигания угля и выбросов автотранспорта.

Но кроме природных факторов на особенность движения воздушных масс в пределах урбанизированного комплекса влияет степень вертикального расчленения пространства, которая в свою очередь зависит от особенностей городской застройки территории.

Значительная причина, влияющая на образование зон устойчивого загрязнения атмосферного воздуха в пространстве урбогеосистемы, - это особенность микроклимата в пределах определенного района городской застройки. Именно от степени проветриваемости территории жилого района, а также скорости ветровых потоков в пределах дворовых зон зависит степень рассеивания вредных частиц. К тому же от особенностей городской застройки зависит не только скорость ветровых потоков, но и направление. Здания отклоняют ветер от его первоначального направления благодаря образованию горизонтальных и вертикальных циркуляционных вихрей внутри застройки [11].

Как отмечалась выше, в 2018 году ученые провели исследования в области влияния застройки на рассеивание выбросов. Ученые выбрали несколько мест в разных районах города Красноярск и выяснили, как особенности застройки влияют на розу ветров в этих местах. В результате был сделан вывод, что в зависимости от высоты зданий, плотности застройки, их взаимного расположения и ориентации по отношению к ветровому потоку и источникам загрязнения сила и направление ветра меняется. Причем сила ветра может как увеличиваться, так и уменьшаться. В некоторых районах в результате плотной городской застройки образуются пространства застоя воздуха, в которых преобладает ветер малых скоростей. Это становится причиной отсутствия турбулентного перемешивания нижних слоёв атмосферы и переноса токсичных веществ в верхние слои воздуха. Из-за отсутствия вертикального перемещения воздуха и термической конвекции в приземном слое атмосферы копятся химические выбросы от автотранспорта и промышленных предприятий.

Количественно уровень вертикального расчленения пространства территории городской застройки, влияющий на тип ветрового режима и условия рассеивания загрязняющих веществ, можно охарактеризовать индексом вертикальной рельефоидности. Индекс показывает отношение суммарной площади вертикальных и субвертикальных граней рельефоидов к площади территории в границах городской застройки.

## **ВЫВОДЫ**

При помощи грамотных архитектурно – планировочных решений: формы застройки, размеров и мет расположения разрывов между зданиями, «углов атаки» ветра по отношению к фронтальной застройке, ориентации зданий по отношению к источникам загрязнения воздуха можно значительно сократить зоны с застоем воздуха, плохой продуваемостью рассеиванием токсичных веществ в пространстве урбогеосистемы. Грамотное городское планирование с целью улучшения экологии городов уже сейчас широко распространено за рубежом при проектировании новых районов. В 2013 году в России также был создан

стандарт — ГОСТ Р 54964-2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости». Но, в связи с тем, что этот стандарт пока что имеет рекомендательный статус, проектировщики не учитывают его при застройке новых районов, не уменьшают, соответственно, высотность новых сооружений и не изменяют форму зданий с экологической точки зрения. Но, учитывая все особенности экологической ситуации в городе Красноярск, грамотная городская застройка подлежит серьезному рассмотрению в качестве улучшения экологии города.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сухоносенко Д.С. Расчетная оценка влияния элементов градостроительной структуры на формирование условий накопления и рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе жилой зоны урбогеосистемы г. Волжского //Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2013. – Вып. 4. – 69-72 с.
2. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. СПб., 2005.
3. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. –Л.: Гидрометеиздат, 1980. –184 с.
4. Реттер Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика. – М.: Стройиздат, 1984. –294 с.
5. ГН 2.1.6.1339-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.– М.: Минздрав РФ, 2016. –15 с.
6. Серебровский Ф.Л. Аэрация населенных мест. – М.: Стройиздат, 1985. –170 с.
7. Руководство по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки. – М.: Стройиздат, 1986. – 59 с.
8. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере. Справочное пособие. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 328 с.
9. Макаров В.З., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н. Эколого-географическое картографирование городов. – М.:2002. –163 с.
10. Кононович Ю.В., Потапов А.Д. Основы экологического планирования градостроительной деятельности. – М.: МГСУ, 1999.
11. Курбатова А.С. «Ландшафтно-экологические основы формирования градостроительных структур/Отв.ред. В.Н. Башкин. – Москва-Смоленск.: Изд-во Маждента, 2004.



## **БАХИЛЫ КАК ФАКТОР АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СРЕДУ**

**Самохина И.Ю.<sup>1</sup>, Шекова А.С.<sup>1</sup>**

студент 2 курса 21 группы ИИЭСМ НИУ МГСУ

**Научные консультанты: Курочкина В.А.**

канд. техн. наук, доц. кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Каждый день только в России используется миллионы средств защиты от загрязнений, которые не перерабатываются. Законодательство обязывает медицинские учреждения предоставлять бесплатные бахилы, хотя их практическая пригодность лишь в том, что они помогают дольше сохранять чистоту и экономить средства на персонале для уборки помещения. Однако пятиминутный приём к врачу не может сравниться с тем временем, которое требуется на разложение этого медицинского расходника. В статье рассматривается сущность экологической проблемы чрезмерного и непрактичного использования медицинских бахил и предложены способы её решения.

**Ключевые слова:** бахилы; вторичное использование; полиэтилен; усложненный процесс утилизации; отсутствие практической значимости; прибор для переработки

### **ВВЕДЕНИЕ**

В 1907 году Лео Бенкаланд проводил эксперимент с целью найти замену шеллака, во время которого ему удалось обнаружить вещество с выдающимися для упаковки свойствами. Практическая значимость пластика стала очевидна для многих промышленных гигантов. В настоящее время это одним из самых распространённых материалов для производства техники, игрушек, посуды и других изделий. Существует огромное количество его видов, однако, ни один из них не разлагается естественным путем. А как известно, достаточно большое число людей думают, что ничего не случится, если просто выбросить полиэтиленовые бахилы в мусор, их же потом отвезут на свалку. Да, так и будет, но для того, чтобы полиэтилен (один из видов пластика) разложился нужно около 70-90 лет, за это время часть разнесется ветром и попадет в Мировой океан.

По официальным данным, 85% мусора, плавающего в морях, является пластиком и ежегодно в океаны попадает 8 млн тонн пластиковых отходов. Это наносит огромный вред

океанической флоре и фауне, угрожая существованию многих видов, в том числе и водорослям, вырабатывающим большое количество кислорода, которым мы дышим. Если же пластик сжигать - в атмосферу выделится большое количество токсичных паров.

Пластик, в особенности полиэтилен, проник во все сферы нашей жизни, в том числе в медицину в виде такого средства защиты от загрязнений как бахилы. Без них мы даже не сможем попасть на прием к врачу.

Согласно СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность» при проведении лечебно-диагностических манипуляций, в том числе в условиях амбулаторно-поликлинического приема, пациент должен обеспечиваться индивидуальным комплектом белья (простыни, подкладные пеленки, салфетки, бахилы), в том числе разовым. Однако существуют исследования, которые отрицают эффективность использования полиэтиленовых бахил в местах пребывания людей. Единственные места в больнице, где стоит носить бахилы - это операционные и помещения, требующие асептических условий. Получается, что использование такого метода защиты лишь уменьшает работу для уборщиц и не несет за собой практической ценности. Ко всему прочему, итогом применения бахил является загрязнение окружающей среды.

Огромное количество одноразовых средств защиты от загрязнений используется ежедневно во всем мире. Каждую неделю только в России образуется несколько миллионов использованных бахил. И практически все они идут на свалку. Отказаться от бахил в поликлинике не получится, без них попросту не пустят на приём к врачу. Они вошли в обиход сравнительно недавно, но успели прочно внедриться в нашу повседневную жизнь, помимо медицинских учреждений мы можем встретить их на предприятиях пищевой и химической промышленности, в фитнес-центрах, салонах красоты, бассейнах. Да, они существенно снижают загрязняемость помещений, препятствуют проникновению инфекций и облегчают труд уборщиц. Но так ли они необходимы? Чтобы дать ответ на этот вопрос, мы поставили перед собой цели изучить историю появления, возможности переработки и вторичного использования, определить масштабы использования.

Основными этапами нашей работы были: изучение информации о истории возникновения, основных способах изготовления, определение области применения, выделение основных направлений решения проблемы переработки бахил. А итогом деятельности стал ответ на вопрос: Стоит ли использовать бахилы в современной жизни или во благо экологии сократить масштабы их эксплуатации?

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В своей работе [1] Закиров И.Г., Хакимов Н.М приводят данные измерения пылевой загрязненности помещений стационара госпиталя ветеранов войн, поликлиники и учебного корпуса КГМУ в течение сентября-октября 2010 года. Особенностью этого исследования является тот факт, что для различных заведений существуют свои собственные требования к ношению бахил: обязательные, необязательные или строго обязательные. Как показали полученные в ходе опыта данные, загрязненность воздуха действительно зависит от требований к ношению бахил, и их использование улучшает санитарно-эпидемиологическое состояние внутренних помещений здания. Однако эти показатели увеличиваются только при строгом соблюдении режима использования одноразовых средств защиты от загрязнений, в ином случае смысла в них почти нет. Как известно, некоторые люди пренебрегают данным требованием и, в лучшем случае, надевают бахилы у двери в кабинет лечащего врача, что сводит на нет смысл бахил. Также нельзя не учесть возможности разрывания бахил из-за каблука, что ведет к обесцениванию их значимости в сохранении чистоты.

Мирошниченко в своём исследовании [2] рассматривает историю происхождения пластика и приводит статистику, подтверждающую, что люди готовы отказываться от пластиковых пакетов и различных видов пластика в целом, из которого в свою очередь изготавливаются бахилы.

## МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Для лучшего понимания проблемы, стоит разобраться, что же представляют из себя бахилы. Бахилы – это защитные чехлы, которые надевают непосредственно на ноги или поверх обуви. Они предназначены для предотвращения загрязнений или намочания, являются индивидуальными средствами гигиены. Считается, что они произошли от галош. Изобрёл их англичанин по фамилии Рэдли в 1803 году. Однако, подобные изделия начали применять гораздо раньше. Как известно, что ещё в средние века французы надевали на обувь специальные чехлы для защиты от загрязнений дорогих ковров во дворцах.

Есть несколько вариантов происхождения названия этого средства защиты от загрязнений, один из них – это «basle», что с латинского языка переводится как «женская обувь». На же Руси так называли любую обувь, пригодную исключительно для работы. Первые модели делали из кожи или грубой ткани (Рис 1.).



**Рис.1.** Бахилы в XVII веке [3]

Самыми распространёнными материалами для изготовления бахил в наши дни являются полиэтилен и полиэстер. Полиэстер изготавливается из синтетических полиэфирных волокон, которые получают в результате переработки нефти. Он химически нейтрален, воздухопроницаем и не имеет запаха. Этот материал устойчив к воздействиям щелочей, кислот, бензола, изделия из полиэтилена не разлагаются при контакте с водой. ПНД – полиэтилен низкого давления. Благодаря сильным связям на молекулярном уровне, материал обладает высокой прочностью и устойчивостью к внешним механическим воздействиям. Он не теряет своих свойств в условиях повышенной влажности и не восприимчив к высоким и низким температурам. Поэтому в бассейнах и саунах используют бахилы только из этого материала (разлагается 70-80 лет). ПВД – полиэтилен высокого давления. Этот материал обладает меньшей прочностью, чем ПНД, но из-за простоты изготовления имеет меньшую стоимость. Хлорированный полиэтилен - изделия из этого материала отличаются шероховатостью и всегда имеют текстурированную структуру, которая препятствует скольжению по мокрому полу [4, 5].

Однако большинство бахил, которые используются для перемещений пациентов в медицинском учреждении обладают маленькой прочностью и часто рвутся, особенно на обуви с каблуками, поэтому многим посетителям приходится менять их на новые.

Для того, чтобы понять, что использование бахил в огромных количествах является отнюдь не положительным качеством для экологии, стоит рассмотреть сложности процесса утилизации бахил и масштабы их использования.

Мы провели некий эксперимент, а именно посетили одну из поликлиник Москвы и посчитали, сколько посетителей приходит в час, умножили это значение на среднее время работы медицинского учреждения в день. Полученное значение и данные о площади бахил, взятые с упаковки, количество поликлиник, найденное в сети Интернет, позволили вычислить площадь использованных бахил. Итоговое значение сравнили с площадью нашей страны. Вот, что у нас получилось:

В среднем 900 пар бахил используется в день в одном медицинском центре в Москве, то есть 1800 штук. Размер одной бахилы примерно 40 на 14,5 см. Соответственно, её площадь — 580 сантиметров квадратных, умножив это число на ежедневное количество 1800, получим 1044000 сантиметров квадратных. Следовательно, общая площадь использованных только за день одним московским медицинским центром бахил составляет 104,4 квадратных метра. В Москве более 750 поликлиник. Итого только в столице образуется 78300 квадратных метра бахил. А если умножить это на количество дней в году, то можно получить число, пугающее своими размерами, а именно, 28 млн. квадратных метров. Это полторы площади России! Масштаб проблемы огромен, ведь просьба надеть бахилы существует не только в больницах, но и в парикмахерских, салонах, музыкальных школах, детских садах.

В нашей стране по-прежнему используют для утилизации большинства медицинских отходов метод захоронения на специальных полигонах с предварительной дезинфекцией. Производители обязаны платить специальным компаниям за переработку отходов, которые остаются после использования их продукции, однако, ситуация с утилизацией бахил довольно плачевна, так как из-за резинки, которая присутствует в них, отправка сразу на переработку вместе с мягким пластиком не может быть выполнена [2].

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Из вышесказанного следует, что необходимо:

1. Минимизировать использование полиэтиленовых бахил. Чаще делать влажную уборку помещений

2. Найти способы утилизации бахил без нанесения вреда окружающей среде.

Рассмотрим некоторые способы утилизации медицинских одноразовых бахил. Один из них –использование многоразовых бахил (Рис.2), которые изготавливают из полиэстера, их можно стирать и использовать десятки раз, благодаря своей мягкой поверхности уже нашли применение в музеях для поддержания чистоты и защиты паркета от повреждений [6].



**Рис.2.** Многозоровые водонепроницаемые бахилы

Второй способ – использование бахил из спанбонда, который представляет собой нетканый материал, имеющий высокую устойчивость к внешним воздействиям, не распадающийся под действием ультрафиолета всего через 10-12 месяцев, а при нахождении в закрытой от солнца среде – 3-5 лет. Такие бахилы возможно использовать при проведении хирургических операций [7].

Ещё одним вариантом решения данной проблемы является повторное использование бахил в качестве сырья для производства садовой мебели, тротуарной плитки, скамеек, тротуарной плитки, вазонов и т.д. (Рис. 3, 4). Для этого может использоваться устройство, разработанное Ваграмом Агаджаняном, главным врачом областного клинического центра охраны здоровья шахтеров Кемеровской области (ГАУЗ КО ОКЦОЗШ), позволяющее расплавлять пластик и изготавливать различные вещи из полученного материала [8].



**Рис. 3.** Ваза вазон из переработанных бахил [8]



**Рис.4.** Скамейка и вазон из переработанных бахил [8]

## **ВЫВОДЫ**

Подводя итог проделанной работе, можно с уверенностью сказать, что пластик, в том числе и в виде полиэтиленовых бахил, прочно обосновался в нашей жизни, затронул многие сферы деятельности и стал передовым материалом на многих предприятиях. Благодаря удобству использования и его многофункциональности производители, да и люди в целом, не хотят отказываться от него, хотя существует множество способов и вариантов замены данного материала на альтернативный, но, к сожалению, более энергоёмкий и затратный.

Однако помимо удобства и экономичности стоит учитывать фактор влияния этого синтетического материала на среду, даже бахилы, которые для нас стали предметом обыденности, за год без должных мер по утилизации могут покрыть территорию целой страны. Несомненно, огромный ущерб океанической флоре и фауне наносит наше бездумное использование привычных при походе к врачу или парикмахеру одноразовых средств защиты от загрязнений, существование многих видов ставится под угрозу.

Мы можем сделать многое для природы, например, использовать изобретение, которое может из бесполезных медицинских отходов сделать нужные в быту вещи, или заменять одноразовые вещи на те, которые много раз могут применяться в зависимости от нужды человека. Решение проблемы загрязнения окружающей среды всецело зависит от нас, правильная переработка и вторичное использование одноразовых пластиковых приспособлений, уменьшение масштабов их использования помогут исправить ситуацию или хотя бы ослабить влияние человека на окружающую среду. Отвечая же на поставленный нами в начале вопрос «Стоит ли использовать бахилы в современной жизни или во благо экологии

сократить масштабы их эксплуатации?», можно сказать, что использование этих средств защиты в разумных пределах, а также осведомление людей о правилах их утилизации, позволят в дальнейшем применять их с целью поддержания чистоты помещения. Но наиболее предпочтительный вариант – найм дополнительного персонала и частая влажная уборка. Важно осознавать, что чистая планета – это наша забота и обязанность!

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Закиров И.Г., Хакимов Н.М., Федорова Е.Р., Хасанова И.К., Тимерзянов М.И., Зорина Л.М., Зарипова Д.И. Использование одноразовых бахил посетителями и биологическая безопасность пациентов в медицинских учреждениях // Вестник НЦБЖД. 2011. Номер 1(7). Стр.14-17.
2. Мирошниченко В.А. Экологическая проблема использования полиэтиленовой упаковки //Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. 2017. Номер 6. стр. 276-279.
3. Традиционный русский костюм. [Электронный ресурс]: <http://traditionalrussianscostume.com/costumeinfo/xru.php?nametxt=18> (дата обращения 23.03.2020)
4. Из чего делают бахилы – Бахилы повышенной прочности: Требования, Преимущества, Сферы применения. [Электронный ресурс]: <https://st-martin.ru/raznoe/iz-chego-delayut-baxily-baxily-povyshennoj-prochnosti-trebovaniya-preimushhestva-sfery-primeneniya.html> (дата обращения 23.03.2020)
5. Сколько лет разлагается пластик в природе? [Электронный ресурс]: <https://bezotxodov.ru/jekologija/skolko-razlagaetsja-plastik> (дата обращения 23.03.2020)
6. Без следа: почему бахилы становятся многоразовыми [Электронный ресурс]: <https://www.rbc.ru/trends/green/5d6687019a7947551ae86a86> (дата обращения 23.03.2020)
7. Белых Д.А., Касьянов В.К. Спанбонд - альтернатива полиэтиленовым // Передовые инновационные разработки. перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство. 2019. Том. Часть 1. Стр. 52-54. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38097681> (дата обращения 23.03.2020)
8. Врачи научились делать скамейки из использованных бахил. //Врачи пустили бахилы на скамейки. Московский комсомолец №27635 от 14 марта 2018. [Электронный ресурс]: <https://www.mk.ru/science/2018/03/13/vrachi-nauchilis-delat-skameyki-iz-ispolzovannykh-bakhil.html> (дата обращения 23.03.2020)



## **ТРАНСПОРТНАЯ ЗАГРУЖЕННОСТЬ И ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО АДМИНИСТРАТИВНОГО ОКРУГА (СВАО) ГОРОДА МОСКВЫ**

**Санкин А. Б.**

студент 3 курса 15 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный консультант: Бузякова И. В.**

канд. геогр. наук, доцент кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В статье представлен анализ загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом в Северо-Восточном административном округе (СВАО) города Москвы. Произведен расчет основных загрязняющих веществ и предложены пути их устранения. Целью статьи является анализ загрязнения автотранспортом загруженной автомагистрали СВАО г. Москвы.

Результаты исследований выявили критический уровень загрязнения окружающей среды оксидом азота, углеводородом, оксидом углерода.

На основании результатов автор делает вывод, что необходимо принятия глобальных и комплексных мер по нейтрализации, предотвращению, либо существенному снижению негативных последствий, которые связаны с автомобилизацией нашей страны.

**Ключевые слова:** предельно допустимая концентрация (ПДК), выхлопные газы автомобилей, транспортная загруженность, автомобилизированный город.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Выхлопные газы автомобилей – основной источник загрязнения атмосферы развитых стран Запада. В России наибольшее количество вредных выбросов является заслугой теплоэнергетики (ТЭС и котельных). Второе место по масштабам выделения вредных веществ в атмосферу РФ занимают предприятия чёрной и цветной металлургии. Доля загрязнения автотранспортом составляет 70-80% от совокупного количества выбросов вредных веществ в атмосферу. Наибольший урон выхлопные газы автомобилей наносят экологии Москвы, Санкт-Петербурга, Самары, Назрани, Нальчика, Элисты, Краснодара, Ростова-на-Дону, Ставрополя, Сочи, Воронежа и Калуги.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Выбросы всех промышленных предприятий по сравнению с выхлопными газами от автомобилей в российских мегаполисах очень невелики [1-3]. В городах Европы, США, Японии автомобильного транспорта больше в несколько раз, однако среда у них значительно менее загрязнена [4]. Вследствие чего можно сделать вывод, что выбросы от автотранспорта в мегаполисах страны намного токсичнее зарубежных.

**Табл. 1.** Доля автомобильного транспорта в общем загрязнении атмосферы в крупнейших городах мира, % [5]

Город	Оксид углерода	Углеводороды	Оксиды азота
Мадрид	95	90	35
Стокгольм	99	93	53
Токио	95	95	33
Торонто	98	69	19
Лос-Анджелес	98	66	72
Нью-Йорк	97	63	31
Москва	96	65	33
Санкт-Петербург	88	79	32

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

К основным источникам загрязнения от автотранспорта можно отнести топливо низкого качества, год выпуска автомобиля и качество российских дорог. Рассмотрим каждый из этих трех пунктов отдельно.

**Топливо низкого качества.** На сегодняшний день в топливе содержатся токсичные вещества высоко класса опасности. Зачастую встречается «паленый бензин», в котором содержится тетраэтилсвинец (в 8 раз токсичнее обычного металлургического свинца).

**Год выпуска автомобиля.** Большое количество автомобилей старого года выпуска. Выбросы выхлопных газов подобных автомобилей в несколько раз больше зарубежных, так как последние оснащены специальной системой фильтрации выхлопных газов. Эта система задерживает большое количество вредных веществ, тем самым уменьшая воздействие на

окружающую среду. Минус данной технологии - фильтр может забиться и тогда он перестает нормально функционировать.

**Российские дороги.** Еще одна причина высокого загрязнения атмосферы крупных мегаполисов выхлопными газами – дороги с низким качеством покрытия. Малая мощность автомобильных полос, большое количество светофоров и перекрестков, из-за которых автотранспорт часто останавливается и часто часами стоит в пробках. На светофорах и в местах скопления машин концентрация выбросов зашкаливает из-за режима холостого хода и дальнейшего набора скорости в атмосферу выделяется максимальное количество токсичных газов.

Районы с большим населением подвергаются наибольшему воздействию вредных веществ. Больше всего страдают дети до 12 лет, так как высота автомобильных выбросов, как правило, не поднимается выше 1 метра.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

По данным департамента транспорта Москвы, в середине лета в столице насчитывалось около 5 млн. автомобилей. Население на 1 января 2019 года составляет 12615279 человек. Если верить расчетам, то каждый третий житель Москвы водит автомобиль. Исходя из расчётов, мы можем выяснить, что в СВАО на 2019 год находится около 570 тыс. автомобилей.

В Северо-Восточном административном округе Москвы расположены крупные автомобильные магистрали, такие как Алтуфьевское шоссе, Ленинградское шоссе, Дмитровское шоссе, Ярославское шоссе, Шереметьевская улица. Два столичных вокзала: Рижский и Савёловский. Благодаря этим факторам значительная часть всего трафика столицы «стекается» в СВАО. Помимо этого, на ВДНХ находится крупная автостанция, от которой отходят пригородные автобусы, а также ряд междугородних автобусных рейсов, преимущественно северо-восточного направления. Также имеются пункты отправления пригородных автобусов возле станций метро «Медведково» и «Алтуфьево». Если учесть то, что Северо-Восточный Административный округ входит в пятерку самых заселенных округов, то данная территория является одной из самых загрязненных автомобильным транспортом.

Для расчета количества концентрации загрязняющих веществ в атмосфере от выбросов автотранспортом проводились исследования загруженных участков дороги с разделением автотранспортных средств по основным группам. В данном случае был рассмотрен участок Ярославского шоссе от Станции Лось до торгового центра Европолис. Время исследования – 11.00 часов утра. Длина участка составляет 5,2 километра. Для достоверности исходных

данных исследования проводились несколько раз в течение недели. Расчеты выбросов выполняют для следующих загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу с выхлопными газами автомобилей: оксид азота ( $NO_2$ ); оксид углерода (CO); углеводороды (CH); сажа.

Выброс загрязняющего вещества потока автотранспортных средств определяют для конкретной автодороги, на всем протяжении которой структура и интенсивность потока изменяется не более чем на 15%-20%. При изменении структуры и интенсивности потоков автотранспортных средств на большее значение, автодорогу следует разбивать на участки, которые в дальнейшем рассматривают как отдельные источники. На выбранном перекрестке Ярославского шоссе происходит существенный выброс автотранспортом количества загрязняющих веществ. Это происходит в результате частого торможения и остановки его перед светофором и последующим его движением в режиме разгона после разрешающего движение сигнала светофора. Таким образом в исследуемом районе необходимо выделить участки, где происходит скопление автомобилей, работающих на холостом ходу (перед светофором, на перекрестке). Для автодороги (или ее участка) при наличии регулируемого перекрестка суммарный выброс загрязняющих веществ  $M$ , г/км, рассчитывают по формуле согласно ГОСТ Р 56162-2014 "Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов":

$$M = M_l + M_{\text{п}},$$

где  $M_l$  - выброс загрязняющих веществ в атмосферу автомобилями, движущимися по данной автодороге в рассматриваемый период времени, г/км;

$M_{\text{п}}$  - выброс загрязняющих веществ в атмосферу автомобилями, находящимися в зоне перекрестка при запрещающем движении сигнале светофора, г/км.

Выброс загрязняющего вещества движущимся потоком автотранспортных средств на автодороге (или ее участке) с фиксированной протяженностью  $M_{Li}$ , г/км, рассчитывают по формуле согласно ГОСТ Р 56162-2014 "Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов"):

$$M_{Li} = \frac{L}{1200} \sum_1^k M_{k,i}^L G_k r V_{k,i},$$

где  $L$  – протяженность автодороги (или ее участка), из которой исключена протяженность очереди автомобилей перед запрещающим движением сигналом светофора, включающая в себя длину соответствующей зоны перекрестка (для перекрестков, на которых проводились дополнительные обследования), км;

$M_{k,i}^L$  – удельный пробеговый выброс -го загрязняющего вещества автомобилями группы, определяемый по таблице 1, г/км;

$k$  – число групп автомобилей, шт.;

$G_k$  – фактическая наибольшая интенсивность движения, т.е. число автомобилей каждой из групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автодороги в единицу времени (20 минут) в обоих направлениях по всем полосам движения;

$rV_{k,i}$  – поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения потока автотранспортных средств (в километрах в час) на выбранной автодороге (или ее участке).

Для оксида углерода (CO):

$$M_{Li} = \frac{10.4}{1200} \times (3.5 + 8.4 + 7.3 + 5.2) \times 1400 \times 0.5 = 148.026\text{г};$$

Для оксида азота( $NO_2$ ):

$$M_{Li} = 106,773\text{г};$$

Для углеводорода:

$$M_{Li} = 196,863\text{г};$$

Для сажи:

$$M_{Li} = 5,126\text{г}.$$

Выброс загрязняющего вещества автомобилями конкретного направления движения в районе перекрестка при запрещающих движением сигналах светофора за 20-минутный период дополнительного обследования  $M_{\Pi i}^3$  г/км, рассчитывают по формуле согласно ГОСТ Р 56162-2014 "Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов"):

$$M_{\Pi i}^3 = \frac{P_{\Pi}}{60} \sum_1^{N_{\Pi}} M_{\Pi i, k} G_k$$

где  $P_{ц}$  - продолжительность действия запрещающего сигнала светофора (включая желтый цвет) в течение 20 мин, с;  $N_{ц}$  - число циклов действия запрещающего движение сигнала светофора за 20-минутный период времени;

$M'_{Pi,k}$  - удельный выброс-го загрязняющего вещества автомобилями  $i$ -й группы, находящихся в очереди у запрещающего движение сигнала светофора, определяемый по таблице 3, г/мин;

$G_k$  - число автомобилей, находящихся в очереди в районе перекрестка в конце каждого цикла действия запрещающего движение сигнала светофора.

Для оксида углерода (СО):

$$M_{Pi}^3 = \frac{300}{60} \times 10 \times (0.5 + 2 + 2.7 + 1.9) \times 45 = 15975 \text{ г};$$

Для оксида азота ( $NO_2$ ):

$$M_{Pi}^3 = 663.75 \text{ г};$$

Для углеводорода:

$$M_{Pi}^3 = 4050 \text{ г};$$

Для сажи:

$$M_{Pi}^3 = 93.25 \text{ г}.$$

Общий выброс  $M = 21238,788$  г/км.

Вредные вещества по-разному воздействуют на организм человека. Их делят на четыре класса опасности. Для каждого класса опасности установлен ПДК (табл. 2). Выделяют следующие классы опасности веществ в атмосферном воздухе. Согласно ГОСТ Р 56162-2014 «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу» (табл. 3):

**Табл. 2.** Классы опасности веществ

№ класса	Классы опасности веществ	ПДК
1	вещества чрезвычайно опасные	ПДК менее 0,1 мг/м <sup>3</sup>
2	вещества высокоопасные	ПДК 0,1–1 мг/м <sup>3</sup>
3	вещества умеренно опасные	ПДК 1,1–10 мг/м <sup>3</sup>
4	вещества малоопасные	ПДК более 10 мг/м <sup>3</sup>

**Табл. 3.** Предельно допустимые концентрации (ПДК) в атмосфере воздуха населенных мест

Вещество	Среднесуточная норма ПДК
Оксид азота	0,04 мг/м
Углеводород	0,05 мг/м
Оксид углерода	3 мг/м
Сажа	0,5 мг/м

Выбросы оксида азота превышают ПДК в 20 раз, углеводорода - в 84 раза, оксида углерода – в 6 раз. Сажа находится в допустимых пределах ПДК.

## **ВЫВОДЫ**

Чтобы сократить концентрацию вредных веществ в атмосфере от выхлопов автомобильного транспорта необходимо принять ряд мер: разработка и совершенствование новых экологичных вариантов двигателей и топлива (жидкий водород, природный газ, этиловый спирт и другие виды «зелёного бензина»), а также уменьшение габаритов автомобиля для снижения потребления топлива. Первые попытки на сегодняшний день уже успешно внедрены в жизнь: электромобили, гибридные автомобили, электробусы. Во многих странах для решения данной проблемы приняты запреты на использование автотранспорта без специальных фильтров, разработаны автоматические системы регулирования движения.

При такой системе автомобиль переходит в режим холостого хода и набирания скорости, тем самым уменьшается количество выхлопных газов. Вдоль автомобильных дорог высаживают зеленые насаждения, которые являются фильтром и барьером, задерживающим вредные вещества. Также в некоторых странах на законодательном уровне ограничено использование автомобилей.

В данных правилах задействованы разные виды автомобильных номеров: в зависимости от номера автомобилем можно пользоваться в определённые дни недели. Еще одним необходимым мероприятием является модернизация плана строительства дорог и мостов в странах.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Доклад о численности населения СВАО на 2019 год // Федеральная Служба Государственной Статистики/ [Электронный ресурс] : <https://www.gks.ru/>

2. Сводный годовой отчет об использовании бюджетных ассигнований Федерального дорожного фонда за январь-декабрь 2018 года // Министерство Транспорта Российской Федерации // <https://www.mintrans.ru/documents?type=11>
3. Гладов Г. И., Петренко А. М. Устройство автомобилей // ПМ.01 «Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта» Регистрационный номер рецензии 421 от 12 декабря 2011 г. ФГАУ «ФИРО»
4. Рассоха В.И. Оценка комплексной эффективности мероприятий по организации дорожного движения: методические указания / Рассоха В. И. Горбачев С. В., Оренбургский гос. Ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2013. – 76 с.
5. Загрязнение автотранспортом окружающей среды [Электронный ресурс] / Устройство автомобиля для начинающих - Режим доступа: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/sistemy-snizheniya-toksichnosti/zagryaznenie-avtotransportom-okruzhayushhej-sredy/>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.



## ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС

**Смирнов П.Е.<sup>1</sup>, Марченко М.Г.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>студент 2 курса 21 группы ИИЭСМ НИУ МГСУ

**Научный руководитель Курочкина В.А**

канд. техн. наук, доцент кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

К проблеме запуска и вывода из эксплуатации АЭС, которые сегодня во всем мире обсуждаются с различных точек зрения, в том числе и экологической, не существует однозначного отношения. С одной стороны, атомная энергетика отличается очень незначительным отрицательным воздействием на окружающую среду при нормальной работе атомных станций и соблюдении всех правил их эксплуатации, с другой стороны – очень велики экологические риски при возникновении аварии. На всем протяжении освоения атомной энергии, происходили аварии на атомных станциях, по некоторым данным число которых превышает 300 аварий. В результате этих чрезвычайных ситуаций возникали выбросы радиоактивных веществ, которые распространялись на большие территории и приводили к гибели всего живого, а также составляли угрозу для будущих поколений.

В статье рассмотрены положительные и отрицательные стороны использования атомной энергии. Изучены технологические особенности вывода АЭС из эксплуатации на примере конкретных объектов и их экологические последствия.

**Ключевые слова:** атомная энергетика, вывод АЭС из эксплуатации, воздействие на окружающую среду, атомная энергия, радиоактивные отходы.

### **ВВЕДЕНИЕ**

К концу XX-века в мире насчитывалось 423 ядерных энергоблоков в 30 странах. Для некоторых стран, особенно которые отличаются развитой промышленностью и имеют высокую плотность населения, атомная энергетика рассматривается, зачастую, как одна из основных и неизбежных возможностей для развития энергетики страны в целом. Многие АЭС расположены в непосредственной близости от населенных пунктов.

После ряда крупных аварий, на АЭС Три-Майл-Айлэнде (США, 1979 г., рис. 1), на Чернобыльской АЭС (1986 г.) и на АЭС Фокусима-1 (Япония, 2011), проблема использования

атомной энергии очень интенсивно стала обсуждаться в обществе. По некоторым данным число аварий на атомных станциях превышает 300 аварий [1]. Аварии заставили людей оценить все положительные и отрицательные стороны использования такого вида энергии, а также дало человечеству понимание необходимости правильно применять и надёжно контролировать её использование.



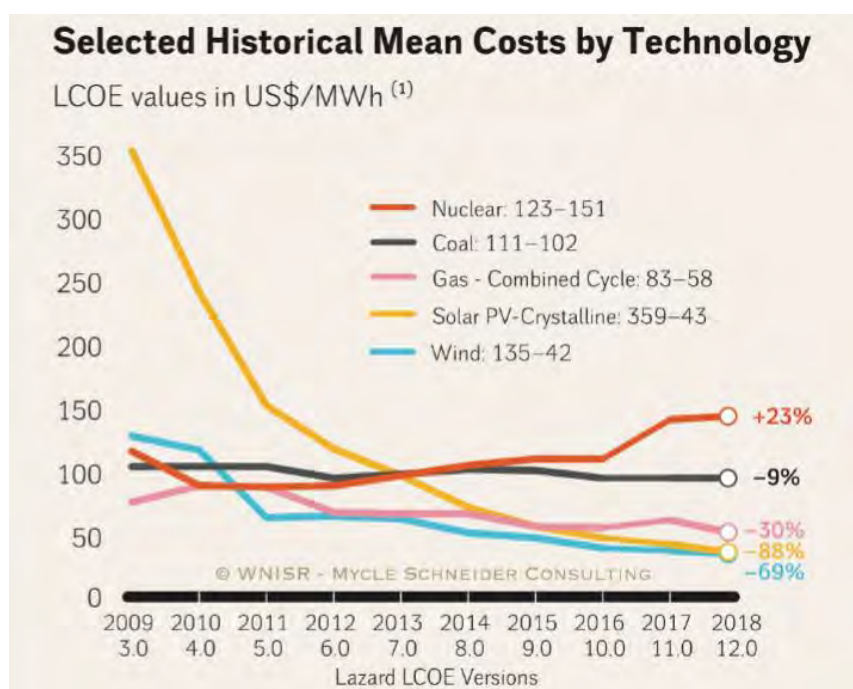
**Рис.1.** АЭС Три-Майл-Айленд, 1979 г.

Атомная энергетика отличается очень незначительным геоэкологическим воздействием на окружающую среду при нормальной работе атомных станций и соблюдении всех правил их эксплуатации. Это воздействие, в среднем, в 2-4 раза меньше, чем воздействие ТЭС той же мощности. Основные геоэкологические проблемы возникают при аварийных ситуациях и залповых выбросах в окружающую среду радионуклидов. Трудноразрешимой и глобальной проблемой является задача утилизации радиоактивных отходов АЭС из-за больших затрат и недостаточно хорошо разработанной технологии. В хранилищах временного захоронения, по предварительной оценке, содержится около 70 тыс. тонн РАО [2]. Период полураспада радиоактивных веществ может составлять от нескольких часов до миллиона лет. Период необходимой изоляции радиоактивных отходов с высоким уровнем радиоактивности составляет несколько тысячелетий. По данным академика Р. Нигматулина, в России накоплено 14. тыс. т. отработанного ядерного топлива и каждый год нарабатывается 800-900 т. В конце пятидесятих годов прошлого столетия с отработанными ядерными отходами обращались как с отходами химического производства. Их хранили в наземных хранилищах, в редких случаях складировали в бетонных емкостях на небольшой глубине. Как следствие, в 1957 г. и в 1967 г. на ПО «Маяк» произошел взрыв поверхностного хранилища радиоактивных отходов, который привел к радиоактивному загрязнению (так называемый «Кыштымский след»), который произошел в результате реакций радиолиты в жидких отходах и их перегрева за счет

радиационного тепловыделения. На площади в 20 000 км<sup>2</sup> рассеялось 20 млн. Ки стронция-90 [3].

Однако при соблюдении технологических основ производства и использования ядерной энергетики атомные электростанции являются наиболее экологически чистыми энергетическими объектами.

Вместе с тем, для строительства атомных станций необходимо не только привлечение специалистов высокого уровня, но и большие затраты на их строительство, эксплуатацию и последующий вывод из эксплуатации (по причине истощения ресурса, аварии, и т.д.), поэтому можно сказать, что получение электроэнергии с помощью АЭС является очень дорогостоящей технологией (рис.2).



**Рис.2.** Усредненные годовые затраты по различным видам энергетики (долл./кВт) [4]

Проблемы запуска и вывода из эксплуатации АЭС во всем мире обсуждаются с экологической позиции и имеют неоднозначные оценки.

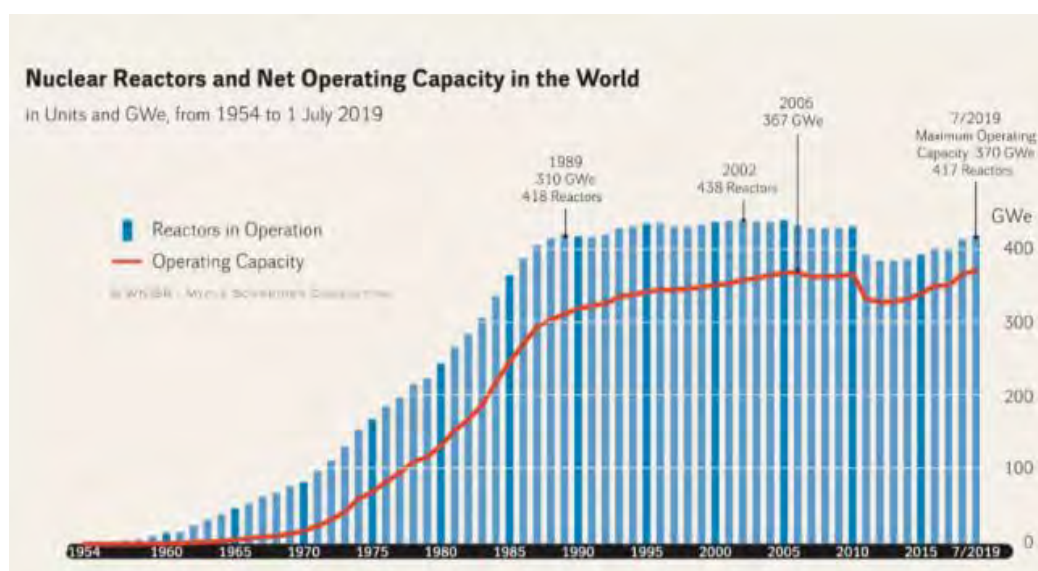
## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

После того, как первые АЭС были введены в эксплуатацию еще в 1950-х годах, а другие блоки электростанций были построены в 1960-х годах, использование ядерной энергии стало быстро развиваться, особенно в период с 1970 по 1990 год(рис.3,4) [5].



**Рис.3.** Страны с атомными электростанциями

Если в 1970 году мировая мощность производства энергии от атомных станций составляла около 16 ГВт, то в течение следующих двух десятилетий (до 1990 года) она выросла до 328 ГВт [6].



**Рис.4.** Количество действующих блоков в мире и их мощность (МВт) [4]

В последующие годы развитие атомной энергетики по ряду причин, часть из которых была освещена выше, значительно замедлилось (рис.5).

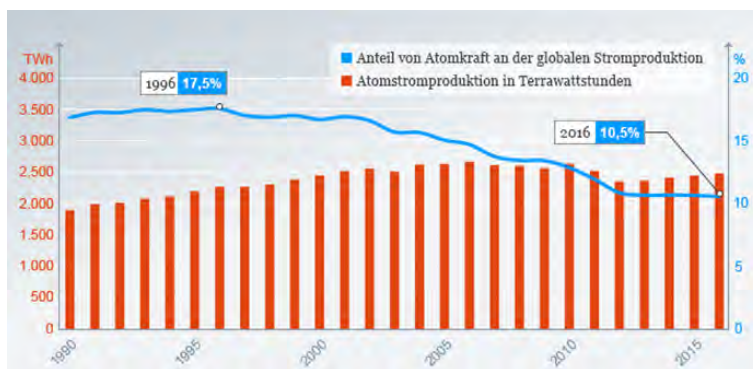


Рис.5. Доля атомной энергетики в производстве электроэнергии в мире (ТВт\*ч,%) [7,8]

Сегодня общая тенденция в мире указывает на увеличение использования альтернативных источников энергии (рис.6). Эта тенденция еще больше заметна в Европе, если проанализировать график на рис 7.

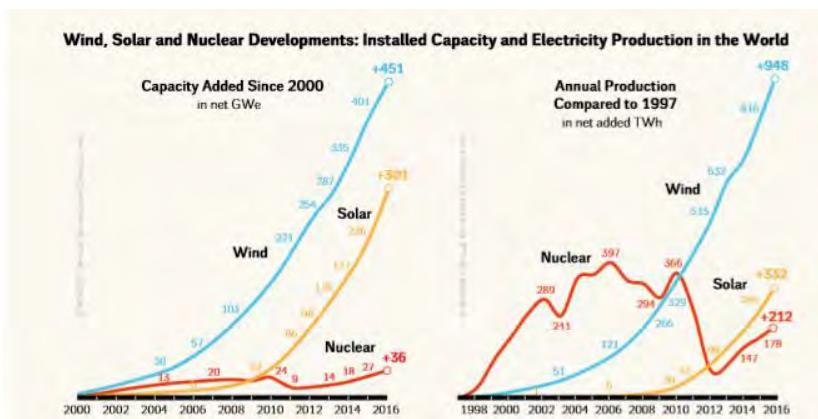


Рис. 6. Вырабатываемая мощность различными отраслями энергетики в мире (ГВт) [4]

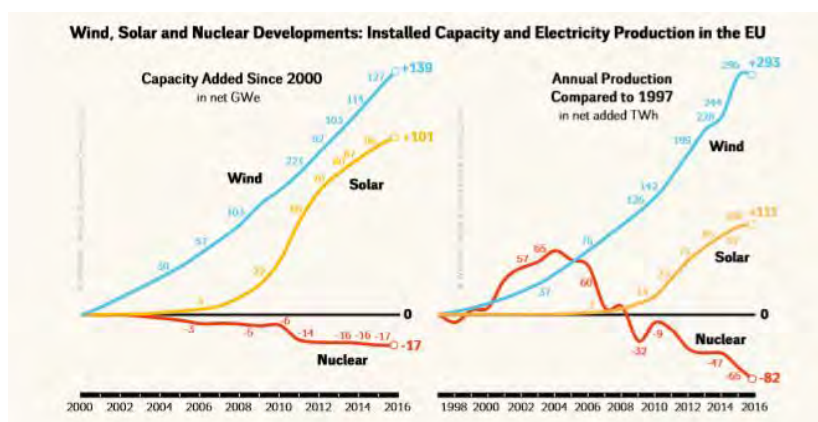
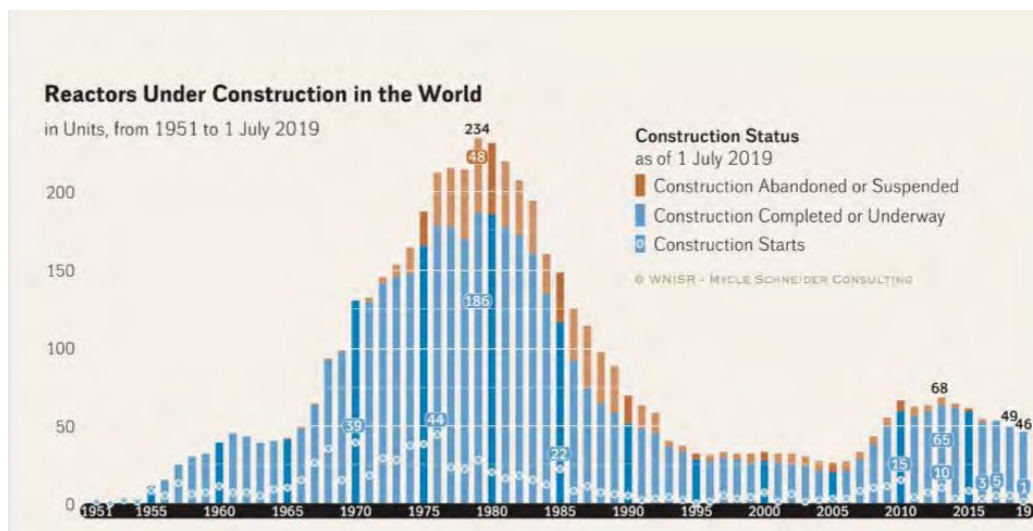


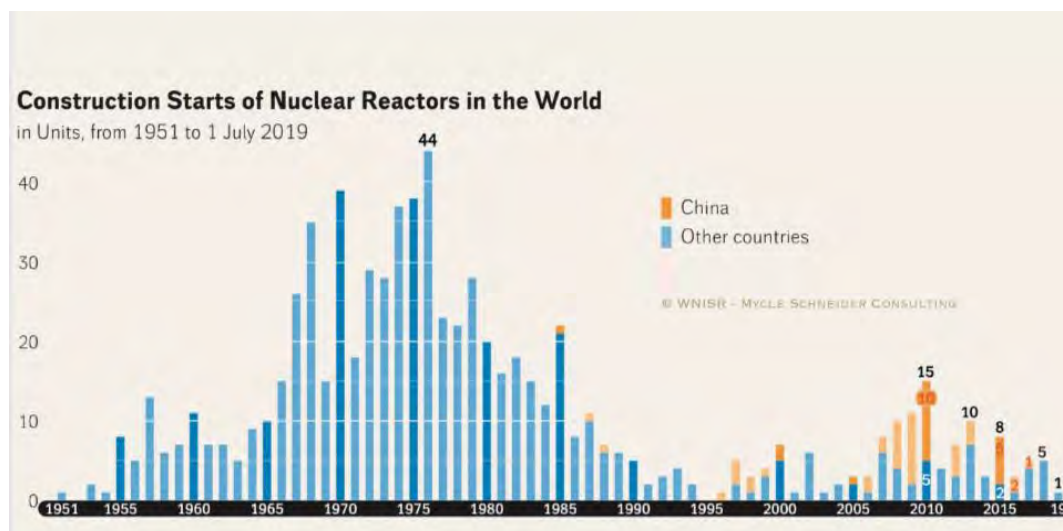
Рис. 7. Вырабатываемая мощность различными отраслями энергетики в Европе (ГВт) [4]



В 2005 году установленная мощность атомных энергоблоков составляла 369 ГВт, в 2011 году-366 ГВт [9]. На конец 2019 года официально находятся в стадии строительства около 50 атомных энергоблоков(рис.8) [10], 10 из которых расположены в Китае, и еще один блок планируется к строительству (рис. 9).

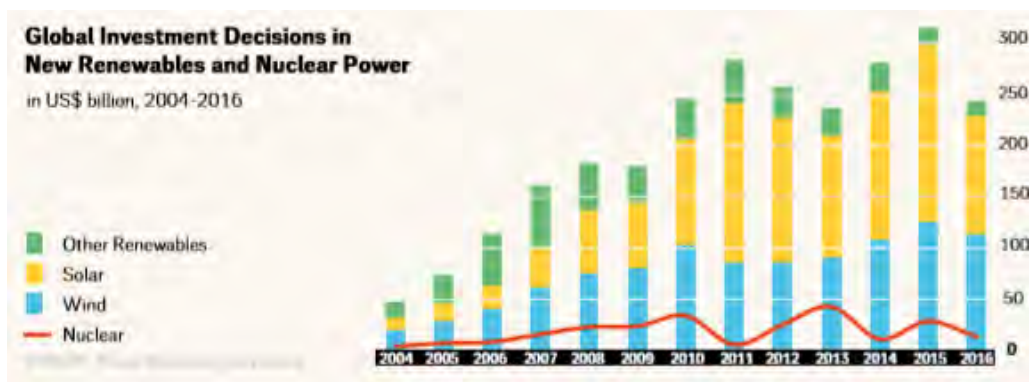


**Рис.8.**Количество строящихся энергоблоков в мире



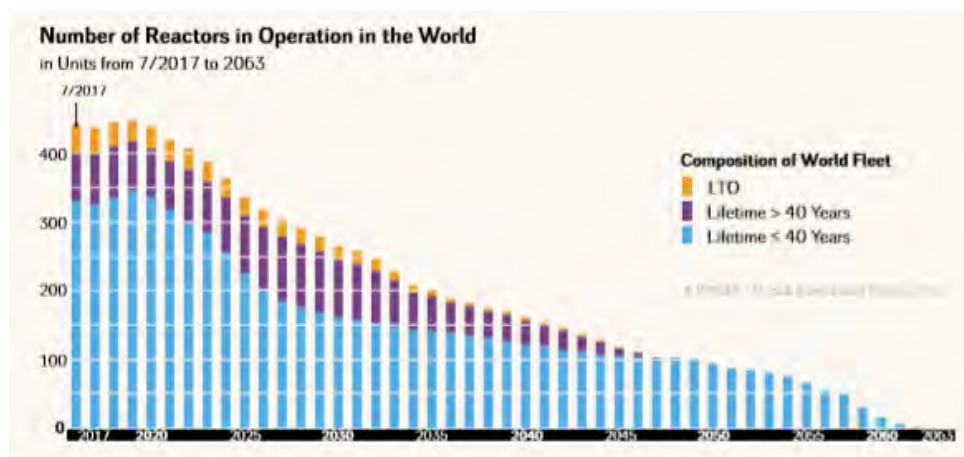
**Рис. 9.** Количество энергоблоков находящихся в стадии начала строительства

Для многих из этих реакторов завершение строительства стоит под вопросом, поскольку инвестиции в атомную энергетику значительно сокращаются (рис. 10). Так, например, 11 реакторных блоков находятся в стадии строительства еще с 1980-х годов [9].



**Рис. 10.** Уровень инвестиций в мире по различным видам энергетики

Сегодня закрыты 187 атомных энергоблока. На рисунке 11 представлен прогноз количества действующих энергоблоков вплоть до 2063 года [4].



**Рис.11.** Прогноз количества действующих энергоблоков в мире с 2017 по 2063 г.г. [4]

Как видно из этого прогноза (рис. 11), сделанного в отчете «О состоянии мировой атомной отрасли» за 2019 год [4], количество действующих атомных энергоблоков к 2063 году может снизиться до нуля.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ядерная энергетика внесла важный вклад в безопасное, недорогое и экологичное электроснабжение многих стран мира. Однако ряд катастроф, произошедших на атомных станциях, заставили задуматься человечество о безопасности этого вида энергии. Так, например, после аварии в Японии, в Германии был изменен закон о «Ядерной энергетике». В результате чего для восьми атомных станций было приостановлено разрешение на дальнейшую эксплуатацию, для девяти оставшихся АЭС были определены квоты на выработку электроэнергии и установлен график вывода из эксплуатации АЭС. Последние три немецкие

АЭС будут сняты с сети до конца 2022 года. На рисунке 3 -АЭС в Любмине (рис.12). Станцию отключили и в 1995 году.



**Рис.12.** Атомная станция в Любмине (Германия)

Также по причине аварии были закрыты следующие атомные электростанции– Три-Майл-Айленд в США, Фукусима-1 в Японии. По экономическим причинам были закрыты американские АЭС Кевони и Вермонт Янки. По решению референдумов населения или правительств государств – АЭС в Италии, Германии, Японии.

Вывод АЭС из эксплуатации представляет собой сложный в технологическом плане этап жизненного цикла. Кроме того, в период эксплуатации атомных электростанций появляются радиоактивные отходы, утилизация которых представляет большую проблему.

В мире уже снято с эксплуатации и демонтировано более 10 АЭС, и их площадки возвращены в состояние «зеленой лужайки», однако, этот процесс носил больше экспериментальный характер и происходил в условиях возможного выделения ресурсов для единичных блоков. В настоящее время в мире более 130 исследовательских, демонстрационных и промышленных ядерных реакторов выработали свой ресурс, а в настоящее время во всем мире должно быть снято с эксплуатации более 200 энергоблоков.

Можно выделить 3 основных возможных варианта вывода АЭС из эксплуатации:

1. Непосредственный быстрый демонтаж электростанции. В этом случае отработавшее ядерное топливо и теплоноситель после продолжительного отстоя вывозятся в хранилище с радиационной защитой. Все загрязненные радиацией материалы и оборудование разбираются и удаляются. Территория станции приводится в радиационно безопасное состояние. Объем радиоактивных отходов оценивается в 18-20 тыс. м<sup>3</sup>.

2. Отсроченный демонтаж. В этом случае с территории АЭС убираются отработавшее ядерное топливо и теплоноситель, а после консервации в течение нескольких десятилетий (в Германии этот срок — 30 лет, в Великобритании — от 50 до 100 лет) производится демонтаж



и окончательная очистка территории станции. Объем радиоактивных отходов снижается незначительно — до 17 тыс. м<sup>3</sup>.

3. Изоляция. Все радиоактивные отходы остаются на станции, которую заключают в бетонный саркофаг, позволяющий периодически контролировать ее состояние. Через 100 лет может быть произведена разборка станции и ее дезактивация. Количество отходов — 10 тыс. м<sup>3</sup> [1].

Методы демонтажа можно условно разделить на дистанционные, полудистанционные и обычные.

Дистанционные методы требуются в тех случаях, когда персонал не может находиться непосредственно в зоне проведения работ из-за высокой радиационной опасности.

Полудистанционные методы целесообразно применять тогда, когда персонал может находиться в зоне работ только часть времени, необходимого для выполнения операций. В этом случае персонал проводит только установку механизма в зоне работ, а саму работу проводят дистанционно с помощью механизма (резка, сварка).

Обычные методы применяются тогда, когда персонал находится непосредственно в зоне проведения работ в течение всего времени, требующегося для выполнения операции.

Соблюдение радиационной безопасности для персонала, населения и окружающей среды является главным условием функционирования технологии демонтажа. Признано, что перенос радиоактивных веществ, сопровождающийся разрушением барьеров и созданием новых, является неизбежным следствием реализации технологических процессов при выводе из эксплуатации.

Радиация в любых дозах очень опасна. Ее влияние на живой организм может носить, как положительный характер (использование в медицине), так и отрицательный (лучевая болезнь). Результаты экспериментального облучения показывают, что наиболее чувствительны к действию радиации млекопитающие, за ними следуют птицы, рыбы, пресмыкающиеся и насекомые.

Риски пожара и взрыва во время аварии атомных реакторов, сопровождаются радиоактивными выбросами. При этом радиоактивное облако распространяется на дальние расстояния и представляет угрозу для всего живого, в том числе и для объектов инфраструктуры и населения. После взрыва в Чернобыле зафиксировано повышение радиоактивного фона на расстоянии более сотен тысяч километров. Поэтому для предупреждения аварийной ситуации необходимо строго соблюдать технологические особенности и график проведения работ при демонтаже.

При выводе АЭС из эксплуатации образуется большое количество радиоактивных отходов, в т.ч. отработавшее ядерное топливо, которые представляют большую угрозу окружающей среде. При их утилизации, т. е. на всех этапах обработки, промежуточного хранения, перевозки и захоронения защита человека и окружающей среды является наивысшим приоритетом. С радиоактивными веществами нужно обращаться так, чтобы исключить попадание радионуклидов в биосферу. Для этого уже много лет доступны проверенные и отработанные технологии хранения, транспортировки и утилизации радиоактивных отходов. Технология переработки отработанного топлива была разработана почти 50 лет назад, которая применяется на практике в Европе с 1980-х годов. Контейнеры для хранения отработанного топлива одобрены и используются с начала 1980-х годов. Сегодня существуют хранилища радиоактивных отходов, разного назначения. Комплекс технологических и организационных мероприятий по обращению и переработке радиоактивных отходов существует с момента ввода в эксплуатацию первых АЭС; мероприятия постоянно адаптируются к меняющимся требованиям промежуточного и конечного хранения.

По разным оценкам при выводе 4-х энергоблоков Ленинградской АЭС образуется от 160 000 до 400000 кубометров радиоактивных отходов всех классов опасности.

Отработавшее ядерное топливо – это ядерные материалы и продукты деления, находящиеся в составе отработавших (облученных) тепловыделяющих сборок (ОТВС), которые извлечены из ядерного реактора после их использования (облучения). Строго говоря, отработавшее ядерное топливо представляет собой гомогенно-гетерогенную высокорadioактивную смесь конструкционных материалов (потерявших прочность и герметичность и ставших радиоактивными), а также смесь радионуклидов (остатки имевшегося и образовавшегося нового ядерно-делящегося материала). Эта смесь уже не может быть ядерным топливом как таковым [11]. Топливо, побывавшее в ядерном реакторе, становится радиоактивным, т. е. опасным для окружающей среды и человека. Поэтому обращение с ним осуществляется дистанционно и с применением толстостенных упаковочных комплектов, позволяющих поглотить испускаемое им излучение.

В России на конец 2015 года накоплено  $5,58 \times 10^8 \text{ м}^3 \text{ РАО}$  (без учета активности отработавшего ядерного топлива). Они размещены в 44 регионах России на 120 предприятиях в 830 пунктах хранения радиоактивных отходов. Указанные объекты представляют большую потенциальную опасность, а обращение с радиоактивными отходами на этих объектах связано со значительными проблемами обеспечения безопасности регионального и глобального масштабов.

Для окончательной изоляции (захоронения) твердых радиоактивных отходов в России создан национальный оператор (НО РАО) и принята программа создания сети национальных пунктов захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО). Россия ведет жесткую политику, направленную на переработку отработавшего ядерного топлива, планируя строительство завода РТ-2 и готовя закон об отработавшем ядерном топливе, в котором эта политика будет закреплена законодательно.

Еще одним из экологических последствий закрытия АЭС является остаточное загрязнение водоемов, которые использовались для охлаждения контура ядерного реактора при отсутствии градирен. Донные отложения любого водоема, как и водоема-охладителя, являются депозитарием загрязняющих веществ. Если при эксплуатации АЭС были аварийные выбросы, то часть радиоактивного вещества поступает в охлаждающую воду, выносится в водоем-охладитель и захоранивается в донных отложениях. После закрытия АЭС меняются характеристики водоема: отсутствует подогрев вод, изменяется циркуляция и структура водных масс. Все это может приводить к поступлению в воду из донных отложений загрязняющих и радиоактивных веществ и их миграцию по трофическим цепям, на которую влияют различные факторы окружающей среды. Особенному риску подвергаются водные организмы. Однако по данным мониторинга Игналинской АЭС было установлено, что радиоэкологическая и экотоксикологическая ситуация оз. Друкшяй как за 3 года до закрытия, так и спустя 6 лет после закрытия станции, изменилась незначительно [12]. Токсическое действие воды менялось от среднетоксического до слаботоксического, а донных отложений – практически не менялось. Исследования проводили с использованием в качестве тест-объекта кресс-салата (лат. *Lepidium sativum*) и оценивали по методике И. Магоне: слабое действие – рост корней достигает 81%; среднее действие – рост корней достигает 61–80%; сильное действие – рост корней достигает 0–60%.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В настоящее время в России и в мире все более актуальными становится вопрос вывода АЭС из эксплуатации. При этом задача обеспечения радиационной безопасности и оценки риска становится все более актуальной. По состоянию на январь 2020 года в статусе остановленных на территории Российской Федерации числится 8 энергоблоков.

### **Обнинская АЭС (закрыта полностью)**

Ввод в эксплуатацию Обнинской АЭС (1954 г.), расположенной в г. Обнинск Калужской области, обусловило возникновение не только российской, но и мировой атомной энергетики.

Станция стала первой промышленной АЭС в СССР и мире. Мощность станции по современным меркам незначительна 5 МВт (один реактор). Проработав 48 лет, станция в 2002 г. была остановлена и превращена в отраслевой музей. Успешная реализация проекта послужила стимулом к строительству атомных электростанций по всей стране. Следующими введёнными в эксплуатацию станциями стали Нововоронежская и Белоярская АЭС. В 1964 г. на каждой из них было запущено по одному энергоблоку. Белоярская АЭС стала второй промышленной электростанцией в стране. Её особенностью стало то, что на одной площадке были установлены реакторы различных типов. Энергоблоки №1 и 2 работали на тепловых нейтронах, а энергоблоки №3 и 4 на быстрых нейтронах.

### **Сибирская АЭС**

Сибирская АЭС (1958 г.) являлась второй атомной электростанцией в СССР и первой промышленной атомной электростанцией в стране. Сибирская АЭС входила как подразделение «Реакторный завод» в Сибирский химический комбинат, поскольку на АЭС производился оружейный плутоний. По состоянию на 2000-е годы реакторы давали 30—35% тепла, необходимого для отопления жилого массива Томска, более 50% для города Северска и промплощадок Сибирского химического комбината. Остальные энергетические потребности Северска удовлетворяются за счёт Северной ТЭЦ. В соответствии с соглашением между Россией и США о прекращении производства оружейного плутония, все ядерные реакторы Сибирской АЭС в 2008 году были остановлены.

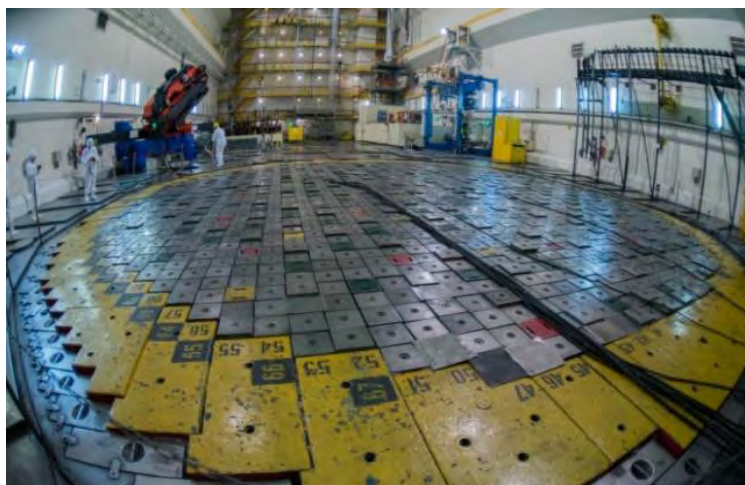
### **Билибинская АЭС**

Билибинская АЭС (1974 г.) расположена в непосредственной близости от г. Билибино Чукотского автономного округа. На станции эксплуатируются четыре реактора мощностью по 12 МВт каждый. В 2019 году был заглушен первый энергоблок. Поскольку станция подключена к изолированной энергосистеме, а численность населения и хозяйствующих субъектов сокращается, то остановка последнего реактора запланирована на 2021 г.

### **Ленинградская АЭС**

Ленинградская АЭС (1973 г.) расположена в городе Сосновый Бор Ленинградской области. В эксплуатации находится 4 энергоблока мощностью 1000 МВт каждый. Энергоблок №1 был построен в 1973 г. Срок вывода его из эксплуатации был продлён до 2018 г. 21 декабря 2018 года в связи с окончанием срока эксплуатации был заглушен реактор энергоблока № 1

Ленинградской АЭС. Это был энергоблок с реактором РБМК-1000, который давал свет и тепло Санкт-Петербургу (а скорее, Ленинграду) и области в течение 45 лет (рис.13).



**Рис. 13.** Энергоблок № 1 Ленинградской АЭС [13]

### ***Белоярская АЭС (блоки №1, 2)***

Белоярская атомная электростанция им. И. В. Курчатова (рис. 14) — российская АЭС, расположена в городе Заречный Свердловской области. Энергоблоки на тепловых нейтронах с уран-графитовыми реакторами канального типа выведены из эксплуатации по причине истощения ресурса основного оборудования и несоответствия их современным требованиям правил безопасности и восстановлению не подлежат. Блок № 1 выведен из эксплуатации в 1981 году. Блок № 2 остановлен в сентябре 1989 года [14].



**Рис. 14.** Белоярская АЭС

### ***Нововоронежская АЭС***

Нововоронежская АЭС (рис. 15) — одна из первых промышленных атомных электростанций СССР. Она расположена в Воронежской области на расстоянии 3,5 км от города Нововоронеж.



**Рис.15.** Нововоронежская АЭС

До областного центра (г. Воронеж) — 45 км. Является филиалом АО «Концерн Росэнергоатом». На 1-м энергоблоке в ноябре 1968 г. произошел отрыв теплового экрана ядерного реактора. Выброс радиоактивных веществ в течение 29 и 30 ноября составил более 1000 Ки. После аварии на 1-м энергоблоке была проведена реконструкция, при этом все внутрикорпусные устройства были демонтированы и заменены на новые, модернизированные. По истечении проектного срока службы корпуса реактора (20 лет) в июле 1984 г. реактор 1-го блока был остановлен, ядерное топливо из активной зоны было выгружено в бассейны выдержки (БВ), неработавшее оборудование блока частично законсервировано [14]. Станция включает в себя 5 энергоблоков, и в настоящий момент 2 из них функционируют, а 3 выведены из эксплуатации.

Большинство российских АЭС (25 из 35 энергоблоков) работают сверх проектного ресурса. При этом существуют планы по дальнейшему продлению этого ресурса. Таким образом, на настоящий момент в России находятся в стадии снятия с эксплуатации следующие блоки атомных станций (таблица 1):

**Табл.1.** Блоки атомных станций на стадии снятия с эксплуатации [15]

<b>АЭС</b>	<b>Количество блоков</b>	<b>Год ввода в эксплуатацию</b>	<b>Энергобло ки</b>	<b>Год вывода из эксплуатации</b>
<b>Балаковская АЭС (ВВЭР- 1000/320)</b>	<b>4</b>	<b>1986-1993</b>	<b>1-4</b>	<b>2043-2053</b>

Белоярская АЭС (БН-600)	1	1980	3	2030
Билибинская АЭС (ЭГП-6)	4	1974-1977	2-4	2022
Калинская АЭС (ВВЭР-1000)	3	1984-2005	1-2	2029-2031
Кольская АЭС (ВВЭР-440)	4	1973-1981	1-4	2034
Курская АЭС (РБМК- 1000)	4	1976-1985	1-2	2021-2024
Ленинградская АЭС (РБМК- 1000)	4	1973-1981	2-4	2021 -2026
Нововоронежская АЭС (ВВЭР-440,1000)	3	1971-1990	5	2035
Смоленская АЭС (РБМК-1000)	3	1982-1990	1-2	2034

Существующие атомные электростанции России позволяют говорить о высоком уровне из износа. В тоже время, станции замещения строятся только в Ленинградской и Курской областях. Данная ситуация свидетельствует о перспективах снижения доли атомной электроэнергии во всей электроэнергии вырабатываемой в стране [16].

Таким образом, основной причиной закрытия АЭС является окончание проектного срока эксплуатации оборудования. Закрытие или вывод из эксплуатации АЭС в целом или отдельного энергоблока, является одним из этапов жизненного цикла АЭС. Однако, несмотря на планомерность вывода из эксплуатации, данный процесс сопряжен с существенными экологическими последствиями.

## **ВЫВОДЫ**

Рациональное решение в пользу или против использования атомной энергетики, очевидно, должно быть основано на взвешенной оценке всех плюсов и минусов использования такого вида энергии.

Аргументами, приводимыми в пользу и защиту использования атомной энергетики, являются наличие комплексов мер по борьбе с ядерными авариями, наличие разработанных эффективных технологий по хранению и утилизации радиоактивных отходов. В качестве причин, указывающих на необходимость отказа от атомной энергетики, называют, например, риски, связанные с вероятностью серьезных ядерных аварий, опасностью распространения ядерного оружия в результате использования гражданской ядерной энергии, а также опасность экономических потерь из-за затрат, связанных с закрытием и выводом из эксплуатации атомной станции.

Еще одним доводом в пользу отказа от атомной энергии является воздействие атомных станций на климат. Однако замена атомных электростанций на электростанции, работающие на других видах топлива, только увеличит выбросы углекислого газа. Однако, в индустриально развитых странах, таких как Германия, где доля ядерной энергетики примерно в два раза выше среднего мирового уровня, основная проблема заключается в том, что суммарные выбросы CO<sub>2</sub> на душу населения значительно выше среднемирового уровня. Таким образом, с ядерной энергией или без нее, глобальное среднее значение выбросов CO<sub>2</sub>, если оценивать климатические риски, в этих странах уже и так слишком велико.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анненков Б.Н., Юдинцев Е.В. Основы сельскохозяйственной радиологии: [Учеб. пособие для вузов по агр. спец. и спец. "Зоотехния"] / Б. Н. Анненков, Е. В. Юдинцева М Агропромиздат 1991. 286 с.
2. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д., Харькина М.А. Трансформация экологических функций литосферы в эпоху техногенеза/ Под редакцией В.Т. Трофимова. М.: Изд-во «Ноосфера», 2006. 720с.
3. Титаева Н.А. Ядерная геохимия: М.: Изд-во МГУ, 2000. 336 с.
4. The World Nuclear Industry Status Report 2019 (WNISR2019) [Электронный ресурс]:
5. <https://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/wnisr2019-v2-hr.pdf> (дата обращения 12.03.2020)
6. Ist Beznau 1 wirklich das älteste Kernkraftwerk der Welt? [Электронный ресурс] <https://www.nzz.ch/wissenschaft/ist-beznau-1-wirklich-das-aelteste-kernkraftwerk-der-welt-ld.1363370>. (дата обращения 12.03.2020)
7. Peter Hennicke, Susanne Bodach: Energierevolution. Effizienzsteigerung und erneuerbare Energien als neue globale Herausforderung, herausgegeben vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, München 2010, S. 25
8. World Nuclear Industry Status Report, 2017; IAEA-PRIS [Электронный ресурс] <https://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/20170912wnisr2017-en-lr.pdf>. (дата обращения 12.03.2020)
9. BP Statistical Review of World Energy, 2017 [Электронный ресурс] <https://www.bp.com/en/global/corporate/news-and-insights/speeches/bp-statistical-review-of-world-energy-2017.html>. (дата обращения 12.03.2020)
10. The Power Reactor Information System (PRIS) [Электронный ресурс] [http://www.iaea.org/PRIS/\[1\]..](http://www.iaea.org/PRIS/[1]..) (дата обращения 12.03.2020)



11. Streitpunkt Kernenergie – Eine neue Debatte über alte Probleme. Öko-Institut e. V. 2. Auflage: April 2011. 61p. [Электронный ресурс]: [https://www.oeko.de/fileadmin/aktuelles/pdf/streitpunkt\\_kernenergie.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/aktuelles/pdf/streitpunkt_kernenergie.pdf). (дата обращения 12.03.2020)
12. Смирнов С.Н. Радиационная экология: Учеб.пособие./ С.Н. Смирнов. М.:Изд-во МНЭПУ, 2000.-334с.
13. Марчюленене Д. Радиоэкологическая и экотоксикологическая ситуация водоема-охладителя Игналинской АЭС после ее закрытия / Марчюленене Д., Ефанова О., Монтвидене Д., Мажейка Й. // В сборнике: Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека Материалы V Международной конференции. ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский Томский политехнический университет", Российская академия наук, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, ФГУП "Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами", ФГУП "Урангео" и др.. 2016. С. 409-413.
14. Энергоблок №1 Ленинградской АЭС остановлен навсегда [Электронный ресурс]: [https://pikabu.ru/story/yenergoblok\\_\\_1\\_leningradskoy\\_ayes\\_ostanovlen\\_navsegda\\_6371912](https://pikabu.ru/story/yenergoblok__1_leningradskoy_ayes_ostanovlen_navsegda_6371912). (дата обращения 12.03.2020)
15. Чернявский К.И. Оценка риска при демонтаже АЭС Чернявский К.И., Быков Н.К., Золотарев С.С., Берберова М.А. В сборнике: Ситуационные центры и информационно-аналитические системы класса 4i для задач мониторинга и безопасности (SCVRT2017) Труды Международной научной конференции. 2017. С. 184-197.
16. Планы Концерна Росэнергоатом по реализации стратегии развития ядерной энергетики, 2018 г. [электронный ресурс] [http://mntk.rosenergoatom.ru/mediafiles/u/files/2018/Materials/SHutikov\\_A.V.\\_MNTK\\_2018.pdf](http://mntk.rosenergoatom.ru/mediafiles/u/files/2018/Materials/SHutikov_A.V._MNTK_2018.pdf). (дата обращения 12.03.2020)
17. Соснина Е.С. Атомные электростанции России: история и современность / Соснина Е.С., Харланова В.Н. // В сборнике: Поколение будущего: Взгляд молодых ученых-2018 сборник научных статей 7-й Международной молодежной научной конференции: в 4 т.. 2018. С. 206-208

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ В ЗОНАХ ООПТ**

**Смирнова В.А.**

студентка 4 курса 10 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: А.С. Субботин**

канд. техн. наук, доцент кафедры СОТАЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В данной статье обсуждаются вопросы, связанные с возможностью применения источников возобновляемой энергии в зонах особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Рассматриваются виды возобновляемых источников энергии, такие как энергия ветра (значительное количество энергии вырабатывается именно ветряными комплексами) и Солнца, их преимущества по сравнению с традиционными источниками энергии. Подробно описывается принцип действия ветрогенераторов, их виды, преимущества и недостатки; использование энергии Солнца, принцип работы солнечной батареи. Освещается вопрос, связанный с гибридной электростанцией, которая состоит из ветрогенератора и солнечной батареи, подобную станцию установили в национальном парке «Русская Арктика» для обеспечения телефонной и спутниковой связью, системой удаленного фотонаблюдения и обеспечения доступа в интернет в условиях Крайнего Севера.

**Ключевые слова:** источники возобновляемой энергии, солнечная батарея, ветрогенератор, особо охраняемые природные территории.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Возобновляемые источники энергии по праву можно назвать энергетическими ресурсами будущего. Потребление электроэнергии людьми становится все больше: население планеты постоянно растет, мировые запасы газа, нефти и угля распределены неравномерно. Каждая страна стремится быть независимой в энергетическом секторе и поэтому в настоящее время идет тенденция к увеличению инвестиций в развитие альтернативных источников энергии. Проблема энергетической безопасности становится более актуальной [1]. Традиционные источники энергии являются исчерпаемыми, то есть подлежат длительному восстановлению, а также наносят вред окружающей среде. Мировое сообщество всерьез

задумалось о развитии электроэнергии, получаемой от альтернативных источников энергии. Термин возобновляемые источники энергии (ВИЭ) применяется по отношению к тем источникам, запасы которых восполняются естественным образом, прежде всего, за счет поступающего на поверхность Земли потока энергии солнечного излучения, и в обозримой перспективе являются практически неисчерпаемыми [2]. К возобновляемым источникам энергии относятся энергия Земли и Солнца, энергия водных потоков, растительной биомассы и иные виды. ВИЭ способны решать такие задачи как повышение надежности электроснабжения, создание резервных мощностей, компенсация потерь, снабжение электроэнергией удаленных районов [3]. Энергетический потенциал большинства ВИЭ во много раз превышает современный уровень энергопотребления, поэтому они могут рассматриваться как возможный источник производства энергии. «Зеленые» технологии не оказывают серьезного негативного воздействия на окружающую среду, снижают выброс парниковых газов в атмосферу, сокращают потребление электроэнергии от традиционных источников, а также обеспечивают энергией самые отдаленные территории и объекты.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

На особо охраняемых природных территориях федерального значения (ООПТ) возобновляемые источники энергии постепенно находят все большее применение. Главной экспериментальной площадкой альтернативных источников энергии стала самая северная особо охраняемая природная территория - национальный парк «Русская Арктика». Для исследований он выбран не случайно - благодаря своему расположению на двух полярных архипелагах в Архангельской области: Новая Земля и Земля Франца-Иосифа, национальный парк «Русская Арктика» по праву может считаться «краем земли», ведь более холодную и удаленную территорию нужно еще поискать. Преимущества применения альтернативных источников энергии для подобных территорий более чем очевидны: независимость от поставщиков электроэнергии, экономия расходов, энергоснабжение для наиболее удаленных районов.

Арктические территории России обладают огромным потенциалом для выработки электроэнергии от возобновляемых источников. Скорость ветра в некоторых прибрежных арктических зонах превышает 5 - 7 м/с, что считается особо благоприятным условием для экономически эффективного использования энергии ветра.

Ветрогенераторы преобразуют кинетическую энергию ветрового потока в механическую энергию вращения ротора с последующим ее преобразованием в электрическую энергию [4]. Сила ветра приводит в движение лопасти ветрогенератора, которые через специальный привод

заставляют вращаться ротор. Ротор и лопасти ветрогенератора приводят в движение главный вал, который присоединен к генератору с помощью редуктора. Благодаря вращению генератора и наличию статорной обмотки, механическая энергия превращается в электрический ток. Чем сильнее поток воздуха, тем быстрее крутятся лопасти, производя больше энергии.

Модели ветрогенераторов бывают разной конструкции. По геометрии вращения оси основного ротора их делят на: вертикальные - турбина расположена вертикально по отношению к плоскости земли, они работают при небольшом ветре; и горизонтальные - ось ротора вращается параллельно земной поверхности, они имеют большую мощность преобразования энергии ветра в переменный и постоянный ток [5]. Положительными сторонами вертикальных ветрогенераторов являются их использование даже при слабом ветре, они не настраиваются на ветровые потоки, так как не зависят от его направления, устанавливаются на короткой мачте, что позволяет производить обслуживание систем на земле. Положительными сторонами горизонтальных ветрогенераторов являются высокие двигательные обороты, небольшие масса и габариты установки.

Еще один вид возобновляемого источника энергии, используемого в Арктике - энергия солнечного излучения. Для получения солнечной энергии используются лучи солнечного света. Устройство солнечной батареи состоит из большого числа фотоэлектрических преобразователей, образующих единую систему. Энергия прямых лучей трансформируется в электрический ток благодаря цепочке фотоэлементов. В устройстве солнечной батареи для превращения солнечной энергии в электрическую основную роль играют полупроводниковые фотоэлектрические преобразователи [6]. В качестве полупроводников используются кремниевые пластины, которые покрыты фосфором и бором. Под действием солнечного света в пластине, которая покрыта фосфором, образуются свободные электроны, которые постоянно двигаются из одной пластины в другую, вырабатывая электрическую энергию. Эффективность солнечных батарей зависит от числа ясных дней, поэтому целесообразно их устанавливать в определенных регионах с учетом географической широты. КПД солнечных батарей с развитием технологий вырос. На сегодняшний день КПД возрос от одного процента, который регистрировался в начале столетия, до более двадцати процентов, в лабораторных условиях этот показатель достиг значений свыше 40%. Это позволяет использовать панели не только для обеспечения бытовых нужд (панели могут устанавливаться на жилые дома, транспорт), но и для производственных нужд (полноценные солнечные электростанции). Используется полученная энергия для выработки электричества, отопления и нагрева воды.



**Рис. 1.** Солнечные панели на Мысе Желания

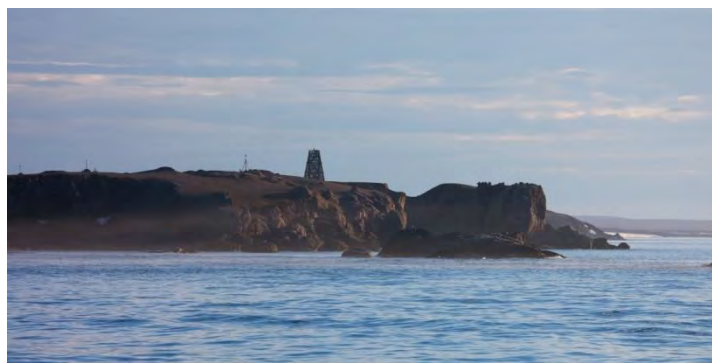
## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Мыс Желания - мыс на Северном острове архипелага Новая Земля, место слияния двух морей: Карского и Баренцева. Благодаря расположению мыс является самой ветреной территорией России, что является благоприятным условием для использования ветрогенератора, который вырабатывает электроэнергию для нашей полевой базы национального парка «Русская Арктика».



**Рис. 2.** Опорный пункт национального парка «Русская Арктика» на мысе Желания

Сравнительно недавно на Мысе Желания заработал маяк, который не функционировал с 1997 года. Специалисты смонтировали современное оборудование с солнечными панелями, которое включается автоматически при уменьшении освещенности. Благодаря энергии Солнца маяк может подсвечивать путь из Баренцева моря в Карское море в течение всей полярной ночи, таким образом, данный маршрут стал наиболее безопасным и коротким для прохождения судов.



**Рис.3.** Маяк на Мысе Желания

В начале 2014 года в национальном парке «Русская Арктика» было принято решение использовать гибридную электростанцию, которая дает возможность совместно аккумулировать энергию возобновляемых и невозобновляемых источников энергии, а именно: энергию Солнца (солнечные панели), энергию ветра (ветрогенераторы) и традиционную энергию углеводородов (бензо/дизель-генераторы) [7]. Данная комбинированная установка – единый энергетический комплекс, в котором, когда светит солнце - работают солнечные панели, когда дует ветер - работают ветрогенераторы, когда не работает ни то, ни другое, включается дизель-генератор. Гибридная электростанция вырабатывает большую мощность благодаря увеличению выработки электроэнергии солнечными панелями и ветрогенераторами. Комбинированная электростанция оснащена системой управления, позволяющей оптимально распределять нагрузку. Первые результаты эксперимента превзошли все ожидания: вырабатываемой «зеленой» электроэнергии хватило не только на энергообеспечение телефонной и спутниковой связи, системы удаленного фотонаблюдения и обеспечения доступа в интернет, но и на хозяйственные нужды национального парка «Русская Арктика». Ученые уверены, что будущее энергетики в Арктике - за подобными комбинированными энергоустановками.



**Рис.4.** Гибридная электростанция на опорном пункте национального парка «Русская Арктика» на мысе Желания

## ВЫВОДЫ

Использование ВИЭ является очень перспективным направлением энергетического развития нашей страны. Применение ВИЭ позволит решить проблемы энергетики районов с плохой экологической обстановкой. Это позволит децентрализовать энергоснабжение в районах, куда доставка топлива экономически невыгодна. ВИЭ решают глобальные проблемы экологической и энергетической безопасности, которые стоят перед человечеством [8]. Развитие «зеленых» технологий существенно сокращает выбросы вредных веществ в атмосферу, создает условия для развития научно-технической базы и новых рабочих мест, а также обеспечивает бесперебойный доступ к энергетическим ресурсам, что является важным условием для нормальной жизнедеятельности людей в пределах огромной страны.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вутянова Я.В. Внедрение возобновляемых источников энергии России // Вестник Московского университета. Серия 12. Политические науки, 2012 - 83 с.
2. Попель О.С. Возобновляемые источники энергии: роль и место в современной и перспективной энергетике // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева), 2008, т. LII, № 6 – 95 с.
3. Вафина Ю.А. Энергосбережение за счет использования альтернативных источников энергии и вторичных энергоресурсов: Россия и мировой опыт // Вестник Казанского Университета, 2012 – 272 с.
4. Грибач Ю.С., Егорычев О.О., Кургузова Е.В. Ветер – альтернативный источник энергии // Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы, 2019 – 41 с.
5. Искендеров А.А., Тагиева А.Д., Джавадова С.Р. Свойства солнечной и ветровой энергетики // Актуальные вопросы экономических наук, 2016 – 118 с.
6. Селикеева С.Н., Галеева Ф.Т. Обзор методов получения альтернативной энергии // Вестник Казанского технологического университета, 2012 – 58 с.
7. Платашин В.С., Шевченко Т.В. Перспективы развития возобновляемых источников энергии // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral», 2019 – 139 с.
8. Коробова А.С. Перспективы использования возобновляемых источников энергии в России // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2009 – 176 с.

## МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

**Тарасенкова А.А.**

студентка 4 курса 7 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научные консультанты: Субботин А. С.<sup>1</sup>, Ундозёров В. А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>канд. техн. наук, доцент кафедры СОТАЭ НИУ МГСУ

<sup>2</sup>старший преподаватель кафедры СОТАЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В данной статье обозначены существующие экологические проблемы в строительной отрасли, и проведена оценка факторов положительного влияния экологического строительства на сельскохозяйственных территориях. Предметом исследования является экостроительство и методы его внедрения на агропромышленных предприятиях. Так как сельскохозяйственное производство является главным фактором загрязнения окружающей среды, то главной целью является выявление положительных свойств экологического строительства в данной сфере. Основываясь на опыте зарубежных стран, приведены оптимизированные под климатические, геологические, гидрогеологические условия и современные методы экостроительства.

Результатами проведенного исследования являются выявленные положительные факторы влияния экологического строительства при землеустройстве, а также оптимизация не только строительных процессов, но и обеспечение бесперебойной экологически сформированной системы устройства всего агропромышленного производства.

На основе вышеуказанных результатов можно сделать вывод, что развитие экологического строительства на сельхоз территориях позволяет сохранить пользу продукции, значительно сэкономить электроэнергию, снизить вредные выделения в атмосферу.

Также активное развитие экологического строительства позволит внести огромный вклад в улучшение и сохранение состояния Земли, а также оно сыграет благоприятную роль на социальном благосостоянии.

**Ключевые слова:** строительная отрасль, экология, экостроительство, агропромышленные предприятия.



## ВВЕДЕНИЕ

Рассматривая возможность реализации целесообразного и эффективного использования и охраны земельных ресурсов, необходимо отметить высокий потенциал массового развития экологического строительства в сельском хозяйстве. В связи с нарушением экосистемы агропромышленного комплекса, разработка и реализация проектов землеустройства, направленных на сохранение и улучшение окружающей среды, существенно повысят качество землепользования. Разработанные проекты позволят обеспечить получение и сохранение чистой продукции сельского хозяйства. В современном мире экологические проблемы вынесены на особый контроль. Тенденция внедрения экологически чистых и энергосберегающих технологий в строительство обуславливается следующими факторами:

- данные проекта должны обеспечить благоприятные условия экологической среды;
- улучшение природных ландшафтов;
- возможность выращивания и сохранения чистоты и качества продуктов.

Актуальность применения методов экостроительства обуславливается вышеупомянутыми экологическими проблемами, и подразумевает под собой возведение вспомогательных и хозяйственных построек на земле сельхоз назначения, с применением экологических материалов и систем энергосбережения. При использовании такого способа строительства должны учитываться экологические аспекты территории, рельеф, климат, геология, гидрология [1]. Важнейшими задачами экологического строительства на сельскохозяйственных предприятиях являются:

1. изучение состояния развития агрокомплекса на территории;
2. проведение полного обследования землевладения;
3. разработка и внедрение экосистем в строительство сооружений на сельхоз территории (применение экологически чистых материалов, использование возобновляемых источников энергии, рациональное использование водных ресурсов, обеспечение экологического баланса окружающей среды).

Следует отметить, что система экологического строительства (зеленое строительство) активно применяется за рубежом в то время, как в России построены всего несколько сооружений, из них самые известные: бизнес-центры «Японский дом» и «DucatPlace» (Москва), а также Олимпийские объекты (Сочи) (сертифицированы BREEAM), головной офис DeutscheBank (Москва) и главной офис компании Siemens (Москва), Гиперкуб в Сколково (Москва), завод концерна SKF (Тверь) имеют свидетельства LEED. Использование такого вида производства массово позволит осуществить значительный прогресс в строительной отрасли РФ.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

При написании представленной статьи были использованы учебное пособие Пшеничной Н.Н. «Эколого-хозяйственная оценка территории» [1], где приведен анализ агроэкологической оценки земель сельскохозяйственного назначения, научная статья В. Д. Тухарели, А. В. Тухарели, Ю. В. Ли «Экологическое строительство как инновационный подход в строительной индустрии» [2], где представлены исследования мероприятий по снижению негативного воздействия строительных технологий на окружающую среду. Для выявления положительного эффекта экодостроительства на окружающую среду и экономику на основе данных зарубежных стран и определения перспективы развития экологического строительства в Российской Федерации использованы научные материалы Миндзаевой М.Р., Горгоровой Ю.В. «Сравнительный анализ зарубежных стандартов экологического строительства и их влияние на формирование российских экостандартов» [3], Бородач М, Имз Г. «Рынок зеленого строительства в России» [4] и Богдановой Е. О. «Зеленое строительство в России» [5]. Также при определении благоприятного влияния на окружающую среду были использованы источники: Кондратенко Т.О., Сайбель А.В. «Оценка взаимодействия строительного производства на окружающую среду» [6], Полякова Т.В., Сайбель А.В., Халезин С.В. «Строительство и экология» [7] и Кошкина С.Ю., Корчагина О.А., Воронкова Е.С. ««Зеленое» строительство как главный фактор повышения качества окружающей среды и здоровья человека» [8].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Агропромышленный комплекс на сегодняшний день остается быть основным загрязнителем земель и окружающей среды в целом. В результате испарений химических удобрений, отходов животного происхождения происходит выброс аммиачного газа. Использование пластика (пластмассовые пленки, строительство силосохранилищ, мульчирование почвы) негативно влияет на окружающую среду. В связи с этим представляет актуальность определить эффективность, экономическую выгоду и перспективы применения экологического строительства на сельскохозяйственных территориях. В современном строительстве существуют рабочие, и часто применяемые технологии экодостроительства. В данной статье предлагается ознакомиться с ними подробнее.

1. Использование биоразлагаемых материалов (Рис.1). К ним относят пробковый и бамбуковый материалы, линолеум, изготовленный из льняного масла, натуральной

смолы, измельченной пробковой пыли, древесной муки и порошкообразного известняка, биопластик, лесоматериалы, если отсутствуют специальные обработки.

Применение таких материалов позволяет избежать формирование огромных свалок, снизить и/или вовсе исключить загрязнение почвы химическими отходами. Также должно обеспечиваться повторное использование таких материалов, в целях максимальной экономии экологических ресурсов.



**Рис. 7.** Использование биоразлагаемых материалов (древесина и прессованная солома)

2. Утрамбованная земля (Рис.2). Данная технология является одной из самых древних. Используя в качестве строительного материала спрессованную землю, можно обеспечить долговечность и высокую прочность сооружения. Такая земля является идеальным материалом для регулирования температуры здания. Применение данной технологии позволяет снизить количество вредных выбросов в атмосферу.



**Рис.8.** Утрамбованная земля как материал для стен

3. **Водообеспечение.** Экономия водных ресурсов обеспечивается минимизацией потребления питьевой воды в целях личной гигиены и повторным использованием воды. Также существенно оптимизировать процессы водообеспечения позволяет использование дождевой воды для полива растений, в быту и на производстве.
4. **Зеленые кровли (Рис.3).** Данная технология набирает огромную популярность во всем мире, что связано с экономической эффективностью таких крыш. Растительность на зданиях позволяет впитывать дождевую воду и снижает загрязнение воды из городских стоков.



**Рис. 9.** Зеленая крыша

5. **Солнечная энергия.** Важнейшим фактором является сокращение выбросов CO<sub>2</sub>, связанных с потреблением энергии. Солнечные системы позволяют обеспечить благоприятную атмосферу в помещении, поглощая ультрафиолетовое излучение и используя тепло для того, чтобы нагреть воздух и воду, минимизируя потребление газа и/или электричества.

Использование определенных методов экологического строительства должно в первую очередь обосновываться климатическими условиями территории разрабатываемого проекта [2]. Рассматривая строительство на территориях сельхозпроизводства, нужно провести грамотный анализ условий будущего строительства, разработать проект, который будет полностью удовлетворять требованиям экологического строительства. Согласно статье 77 Земельного кодекса РФ «землями сельскохозяйственного назначения признаются земли, находящиеся за границами населенного пункта и предоставленные для нужд сельского хозяйства, а также предназначенные для этих целей». На данной территории можно возводить здания и сооружения, предназначенные для производства, хранения и первичной переработки сельхозпродукции.

На примере возможности применения способов экологического строительства на сельхоз территории в Дмитровском районе определим экологическую, социальную и экономическую выгоду. Во-первых, одним из главных факторов на агропроизводстве является водообеспечение. Чтобы исключить вредные выделения в воде на производстве и для потребителей, необходимо обеспечить экологическую безопасность источников водозаборов, повести качественную очистку воды и доставить ее по системам трубопроводов в неизменно чистом виде.

Так же возможно применение дождевой воды, например, для полива урожая и прочей растительности. Во-вторых, в строительстве зданий и сооружений на сельхоз территориях должны применяться материалы, которые исключат вредные выделения и отходы при производстве в окружающую среду. Обеспечить экологичность строительного процесса позволяет использование биоразлагаемых материалов и экологичных утеплителей, в качестве фундамента использование природных камней «бутовый фундамент». В-третьих, на данной территории сельхоз назначения Дмитровского района возможно применение солнечных батарей, в целях существенной экономии энергоресурсов. Эти устройства преобразовывают дневной свет и электроэнергию, что позволяет осуществлять их работу даже в пасмурный день. Чаще всего их устанавливают на крышах сооружений, но возможен вариант с отдельно стоящими специальными установками (Рис.4).



**Рис.10.** Солнечная электростанция над фермерским полем

Солнечные батареи решают огромный спектр задач сельскохозяйственной деятельности. Они вырабатывают электроэнергию, которой достаточно для освещения и работы устройств

агрокомплекса. Парники и теплицы, оборудованные гелиопанелями могут сохранять и накапливать тепло, а также создавать необходимый микроклимат для растений.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

При развитии экологическое строительство в нашей стране, важную роль играет внедрение экосистемы в сельскохозяйственное производство. Агропромышленный комплекс в современном мире является сильнейшим источником, загрязняющим окружающую среду. Развитие экологического строительства заключается в правильном выборе и применение экомеханизмов для достижения максимального полезного результата. Будущий характер взаимоотношений объекта и окружающей природной среды должно определяться на этапе проектирования. На первоначальном этапе разработки проекта должен быть в первую очередь решен вопрос экологичного и надежного снабжении энергией. Это позволит оптимизировать сразу все процессы строительства. Производство всегда будет обеспечено электричеством и отоплением (по мере необходимости). Также в перечень главных достоинств солнечных батарей входит: отсутствие вредных выбросов, долгий срок службы фотоэлементов и легкость в сервисном обслуживании. Грамотное проектирование элементов водообеспечения – это также должно быть предусмотрено заданием. Так как на территории сельхоз производства наблюдаются довольно частые осадки, можно использовать дождевую воду для полива растений и в быту. Также на производстве должен быть непрерывный контроль за экономичным расходом воды. При возведении сооружений использование экологических материалов существенно улучшает состояние окружающей среды. Важно, при выборе материалов обращать внимание на маркировку, которая указывает на экологические свойства строительных и отделочных материалов, например, маркировка EcoMaterial. Также продукцию экопроизводителей можно найти в каталоге GREENBOOK [3].

## **ВЫВОДЫ**

Таким образом, после рассмотрения перспектив реализации экологического строительства, можно сделать вывод о положительной динамике развития данной отрасли. На основании проведенного анализа следует отметить, что применение вышесказанных методов позволит создать благоприятную атмосферу окружающей среды. Процесс экостроительства должен абсолютно точно и оправданно определяться природными условиями территории. В конкретном районе нашего будущего агрокомплекса применение методов экологического строительства полностью удовлетворяется природными факторами:

1. Плоский рельеф;

2. Благоприятное залегание грунтов;
3. Наличие грунтовых вод;
4. Богатая растительность;

Это позволяет в полном объеме извлечь пользу от агропромышленного производства как для людей, так и для самого производства. Также создать еще более экологические условия агропромышленного производства позволит развитие системы органического сельского хозяйства в России. Данная система имеет огромный потенциал и перспективу развития и открывает новые пути мышления в аграрной сфере [9]. Применение экологического строительства на сельскохозяйственных территориях делает всю систему агрокомплекса безопасной для продуктов, животных и населения в целом. Так как в России экологическое строительство находится на стадии развития, апробирование методов на сельхоз территориях позволяет сделать существенный прогресс в строительной отрасли. На основе вышесказанного можно сделать вывод, что в нашей стране есть все предпосылки для активного внедрения экостроительства в агропромышленное производство. Однако есть сдерживающие факторы, которые мешают активному развитию экологического строительства в России: климатические условия, отсутствие государственной политики, направленной на развитие экостроительства, маленькое количество поставщиков экологических материалов, услуг и экотехнологий [10].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пшеничная Н.Н. Эколого-хозяйственная оценка территории.
2. Тухарели В.Д., Тухарели А.В., Ли Ю.В. Экологическое строительство как инновационный подход в строительной индустрии // Инженерный вестник Дона. Волгоградский государственный технический университет. 2018. №3.
3. Миндзаева М.Р., Горгорова Ю.В., Сравнительный анализ зарубежных стандартов экологического строительства и их влияние на формирование российских эко-стандартов // Инженерный вестник Дона, 2013, №4.
4. Бродач М., Имз Г. Рынок зелёного строительства в России // Здания высоких технологий. Зима 2013. С. 18-29.
5. Богданова Е.О., Зелёное строительство в России // Современные научные исследования и инновации. 2016. №11.
6. Кондратенко Т.О., Сайбель А.В. Оценка воздействия строительного производства на окружающую среду // Инженерный вестник Дона, 2012, №4.
7. Полякова Т.В., Сайбель А.В., Халезин С.В. Строительство и экология.

8. Кошкина С.Ю., Корчагина О.А., Воронкова Е.С. «Зеленое» строительство как главный фактор повышения качества окружающей среды и здоровья человека // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. 2013. №3(47) С.150-158.
9. Акимова Ю.А., Полушкина Т.М. Перспектива развития органического сельского хозяйства в России // Современный проблемы науки и образования. 2015. №2-1.
10. Никишева Л.А., Розумная Л.А. Современные тенденции развития экологического строительства в России и за рубежом, 2014.



## ЗЕЛЕНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

**Торопцева А.Н.<sup>1</sup>, Соловьева М.Ю.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>студентка 3 курса 1 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный консультант: Суздалева А.Л.**

д-р биол. наук, проф. кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

На сегодняшний день многие люди и организации стали интересоваться экологичным образом жизни. Сфера строительства не стала исключением, поэтому Зеленое строительство набирает популярность во всем мире, в том числе в России. Но новые технологии требуют нового подхода и навыков, поэтому стоимость такой застройки значительно выше, чем классической. В данной статье исследованы методы Зеленого строительства. Проанализирована возможность их широкого применения и произведена оценка стоимости и окупаемости данных технологий. Приведены примеры зданий в соответствии со стандартами и выведены наиболее выгодные технологии.

**Ключевые слова:** зеленое строительство, экология, переработка материалов, устойчивая среда обитания, холодные балки, геотермальные насосы, двойное остекление фасадов

### **ВВЕДЕНИЕ**

Сегодня многие стараются вести экологичный образ жизни-занимаются сортировкой мусора, пользуются многоразовой посудой и предметами быта, а также в целом сокращают производство отходов. Но основной вклад в загрязнение нашей планеты вносят различные производственные отрасли и деятельность, связанная с разработкой природных ресурсов. Так строительство является одним из основных антропогенных факторов воздействия на окружающую среду, так как оно нуждается в большом количестве сырья, ресурсов, а также изменяет ландшафт и загрязняет окружающую среду. Поэтому развитие Зеленого строительства наиболее актуально в данный момент.

### **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

В наше время проводится множество исследований, связанных с Зеленым строительством, в том числе определяется вектор его развития в России и в мире. Рассмотрены

и выделены основные принципы Зеленого строительства. Основной идеей строительства «зеленых» зданий является повышение устойчивости среды обитания, что достигается сокращением общего влияния застройки на окружающую среду и здоровье человека. Наиболее часто используемыми технологиями являются:

- здания с энергопотреблением, близким к нулю
- зеленые кровли и фасады
- повышение энергоэффективности при термореновации фасадов зданий

Так же определяются основные критерии оценки устойчивости среды, для стимулирования зеленого строительства [1].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

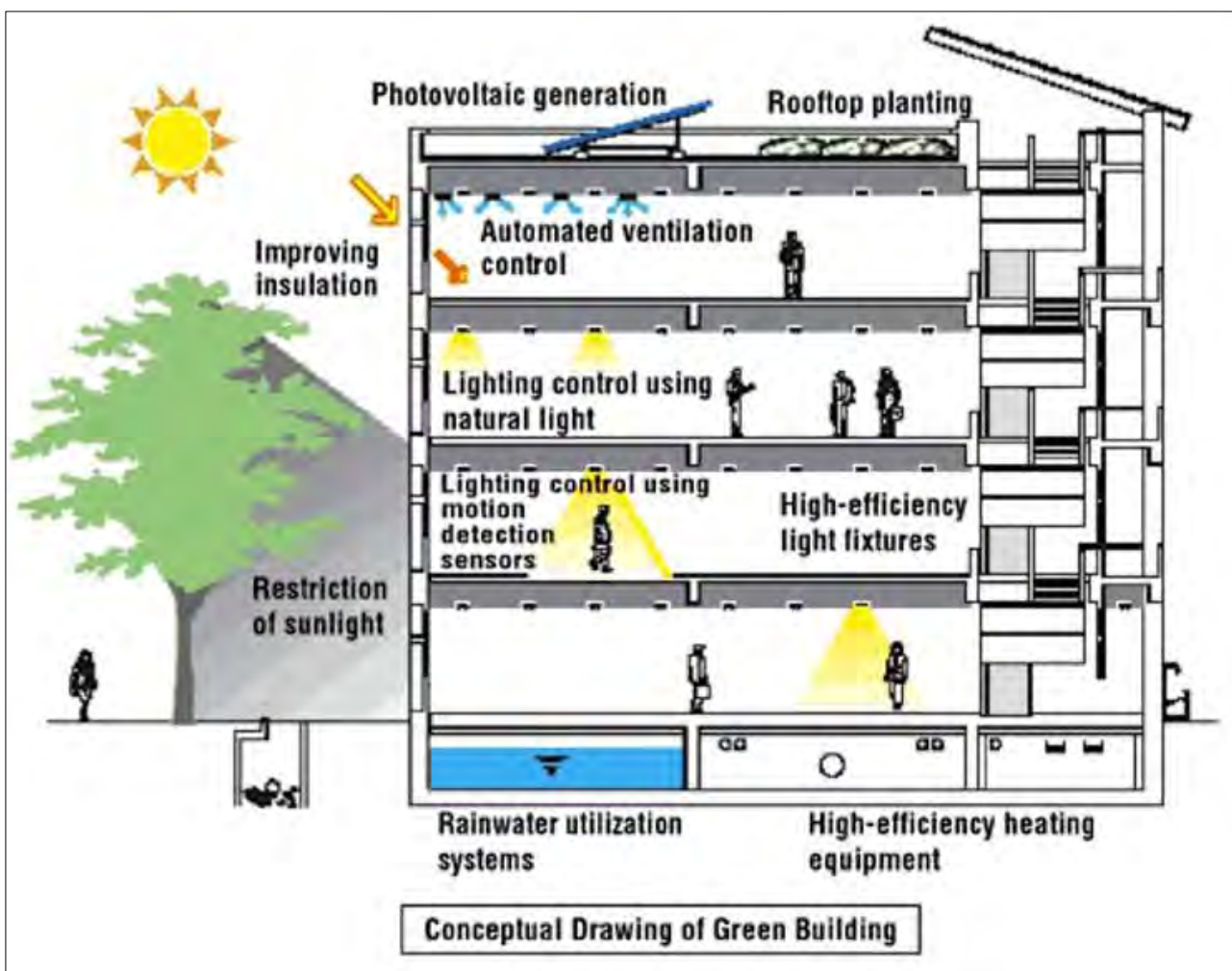
«Зеленое» строительство-это такое строительство, которое на этапе проектирования, возведения и эксплуатации сокращает или полностью исключает негативное влияние на окружающую среду, а также имеет положительное влияние на наш климат и естественную среду обитания [2].

Зеленое строительство включает:

- рациональное использование ресурсов;
- использование альтернативных видов энергии;
- подсчет уровня загрязнения среды;
- использование перерабатываемых материалов и материалов с возможностью повторного использования;
- разработка проекта, который не будет нарушать естественную среду.

Однако, «зеленые» здания не должны быть одинаковы. Разные страны и регионы имеют различные характеристики, такие как климат, ландшафт, культура и традиции, особенности застройки, экономики и социальные условия. Все это влияет на вид «зеленого» здания и технологии, использованные в нем. Существует концепция «зеленого» здания [3], которая включает в себя такие технологии как (рис.1):

- источники альтернативной энергии;
- зеленые крыши;
- улучшенная инсоляция;
- автоматический контроль за вентиляцией;
- датчики света, реагирующие на движения и уровень естественного освещения;
- высокоэффективное оборудование для обогрева;
- система утилизации (фильтрации) дождевой воды.



**Рис. 1.** Концепция «зеленого» здания [3]

Помимо сохранения окружающей среды, многих интересует и финансовая сторона вопроса. Главной целью строительства является получение прибыли, а стоимость зеленой застройки на 20-30% превосходит традиционную, так как требует большую квалификацию рабочих, более дорогостоящих материалов и сложность установки систем.

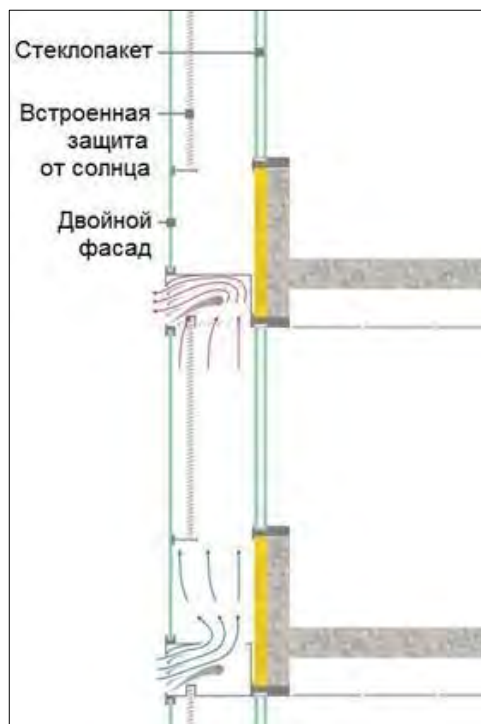
## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В нашей работе мы провели исследование, направленное на выявление окупаемости зеленых технологий.

Рассмотрим такое инженерное решение как использование двойных фасадов. В этом случае здание имеет два слоя остекления, между которыми находится воздушное пространство, ширина которого колеблется от 20 см до 2 м (рис. 2) За счет естественного вентилируемого пространства снижаются затраты на электроэнергию и системы кондиционирования. Также здание с использованием двойных фасадов дает возможность экономии на освещении, так как обладает большой инсоляцией. При сильных ветровых

нагрузках, благодаря оснащению внешней части фасада автоматическими клапанами, происходит ее снижение на внешнюю часть здания.

Минусами такой технологии являются: высокие капитальные затраты и дорогостоящее обслуживание. Стоимость двойных фасадов 500-800 \$/кв.м. площади остекления. Таким образом окупаемость такой системы происходит приблизительно за 15 лет эксплуатации. Двойные фасады получили широкое распространение за рубежом в строительстве офисных зданий. В России также эта система нашла применение (рис.3).



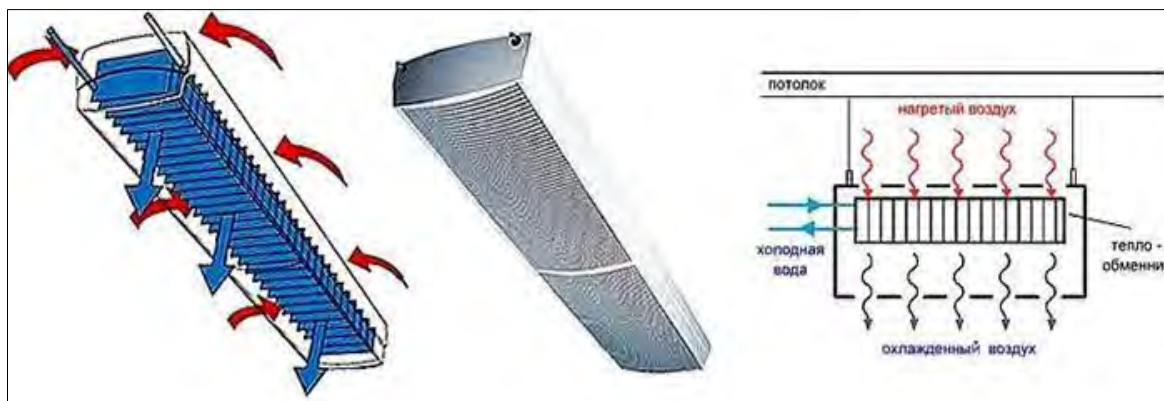
**Рис.2.** Технология двойного фасада [4]



**Рис.3.** Штаб-квартира компании «Новатэк» в Москве [5]

Достаточно интересной технологией зеленого строительства является использование холодных балок, которые так же называют климатическими, и холода грунтовых вод. В совокупности они представляют энергоемкую систему кондиционирования без использования чиллеров и дополнительных вентиляторов. В такой системе источником холода служат подземные воды, которые обеспечивают подачу холода в системы кондиционирования. Ледяная вода напрямую подается к холодным балкам, которые в свою очередь обеспечивают благоприятный микроклимат в помещении. Система подразумевает естественный теплообмен. Теплый воздух поднимается вверх, соприкасаясь с поверхностью трубопровода, охлаждается и опускается вниз, таким образом равномерно распределяясь по всему объему

помещения. Эффективность охлаждения помещения напрямую зависит от площади соприкосновения трубопровода и теплого воздуха, поэтому в этой системе предусматриваются дополнительные поверхности соприкосновения – оребрения (рис. 4).



**Рис. 4.** Технология холодных балок [6]

Несомненным плюсом такой системы кондиционирования является отсутствие фанкойлов, что значительно сокращает энергозатраты [7]. Но в отличие от классической системы кондиционирования, которая предусматривает встроенный конденсатоотвод, в системах охлаждения на базе климатических балок об отводе влаги следует позаботиться отдельно, что значительно увеличивает трудозатраты на их обслуживании.

Так же к недостатку холодных балок относится относительно низкий теплосъем на единицу длины, поэтому они далеко не всегда эффективны на объектах с высокими теплоизбытками.

Стоит отметить, что на использования грунтовых вод необходимо специально разрешение, которые достаточно сложно получить. Таким образом, окупаемость таких систем варьируется от 5 до 7 лет при благоприятных условиях использования.

Рассмотрим такую идею в системе отопления, как использование геотермического теплового насоса (рис. 5).



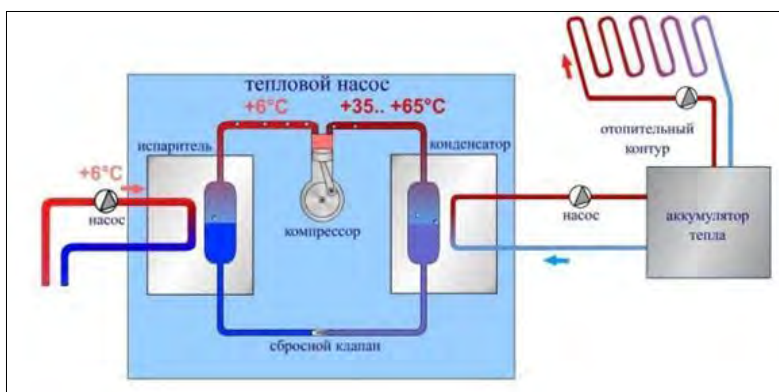
**Рис. 5.** Тепловой насос [8]



Основой такого насоса служит использования тепла земли. На глубине, где земля не промерзает в зимнее время года находится постоянная положительная температура. Там находится трубопровод с теплоносителем большой протяженности. Трубопровод чаще всего замкнутый, его движение обеспечивается насосом. Теплоноситель нагревается до температуры среды. Обычно это  $+5^{\circ}\text{C}$  или чуть выше.

Проходя по первому теплообменнику-испарителю, он отдает тепло находящемуся во втором контуре хладагенту, к примеру фреону, который находится в жидком состоянии (он кипит при температуре  $-5^{\circ}\text{C}$ ). При поступлении тепла от трубопровода, он начинает кипеть и испаряться, температура газа уже  $+5^{\circ}\text{C}$ . Затем он поступает в компрессор, где его сжимают (рис.6). При сжатии выделяется большое количество тепла, и из компрессора газ уже выходит с температурой от  $35^{\circ}\text{C}$  до  $65^{\circ}\text{C}$ . Он поступает в еще один теплообменник - конденсатор, где отдает тепловую энергию теплоносителю, который идет в контур отопления [9].

Сам фреон, отдав большую часть тепла, частично остывает, но все еще находится в газообразном состоянии при повышенном давлении. Он поступает на сбросный клапан, где давление резко падает, он резко охлаждается и сжижается. После чего снова поступает в испаритель, где начинается новый цикл преобразования.



**Рис.6.** Схема теплового насоса

Такую систему можно использовать как в отоплении, так и в системе кондиционирования. Она позволяет снизить энергозатраты. Такая система достаточно долговечна. Но существенным ее недостатком является большие теплотери в окружающую среду и достаточно большая стоимость оборудования. Так же необходимо учитывать климат и проводить геологические работы на территории строительства [10].

## **ВЫВОДЫ**

Таким образом, система геотермического теплового насоса окупается в течение 15 лет.

Итак, окупаемость зеленых технологий достаточно длительный процесс, зависящий от многих факторов. Это требует больших капиталовложений и сложного обслуживания. Но, несмотря на это, такие технология окупаются и являются экологически чистыми, что способствует улучшению здоровья человека, увеличению его работоспособности и, конечно, сохранению природных экосистем.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корниенко С. Зеленое строительство – инновационный и социально значимый элемент повышения устойчивости среды// Здания высоких технологий. №3. 2017
2. World Green Building Council [Электронный ресурс]: <https://www.worldgbc.org/what-green-building>(дата обращения 02.02.2020)
3. GoingGreenisSmart [Электронный ресурс]: <https://www.e2econsulting.co.za/smart-or-green-building-design> (дата обращения 02.02.2020)
4. Стекла и стеклопакеты в фасадах [Электронный ресурс]: [https://alucom.ru/articles/zarubej\\_opit/stekla\\_i\\_steklopakety\\_v\\_fasadah/](https://alucom.ru/articles/zarubej_opit/stekla_i_steklopakety_v_fasadah/) (дата обращения 02.02.2020)
5. Наполняем архитектуру жизнью. Лучшие инженерные и конструктивные решения. [Электронный ресурс]: <https://metropolis-group.ru/project/203/> (дата обращения 02.02.2020)
6. Климатические балки [Электронный ресурс]: <http://farex.ua/ru/products/kondition/chilled-beams/>. (дата обращения 02.02.2020)
7. Хомутский Ю. Охлаждающие балки: виды, устройство, преимущества и недостатки// Мир климата 2019.
8. Отопление дома геотермальным насосом [Электронный ресурс]: <https://teplowood.ru/geotermalnyj-teplovoj-nasos.html>(дата обращения 02.02.2020)
9. Полякова Т.В, Сайбель А.В., Халезин С.В. Строительство и экология// Инженерный вестник Дона 2012
10. Рейтинг «зеленых» технологий в России [Электронный ресурс]: <https://ardexpert.ru/article/8255> (дата обращения 02.02.2020)

## **ЗАГРЯЗНЕНИЕ УГОЛЬНОЙ ПЫЛЬЮ ВОДОЕМОВ И БЛИЗЛЕЖАЩИХ ТЕРРИТОРИЙ ВЛАДИВОСТОКА**

**Червач В.В.<sup>1</sup>, Медынецев А. А.<sup>1</sup>**

студент 3 курса 11 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный консультант: Курочкина В.А.**

канд. техн. наук, доцент кафедры ИИиГЭ

### **Аннотация:**

Проблема угольной пыли в российских портах поставила государство перед сложным выбором: здоровье граждан или крах отрасли. Отрасль транспортировки и экспорта угля из российских портов является очень прибыльной, однако мало кто беспокоится о вреде, наносимом окружающей среде во время перевалки угля в порту.

Далеко не все стивидоры принимают меры по защите от побочного «продукта» - образующейся угольной пыли, поднимаемой в воздух и распространяющейся по прилегающим территориям ветром и водами, или же имеет место быть недостаточность этих мер – закрытые терминалы очень дорогостоящи, что влечет за собой нежелание некоторых компаний возводить необходимые защитные конструкции.

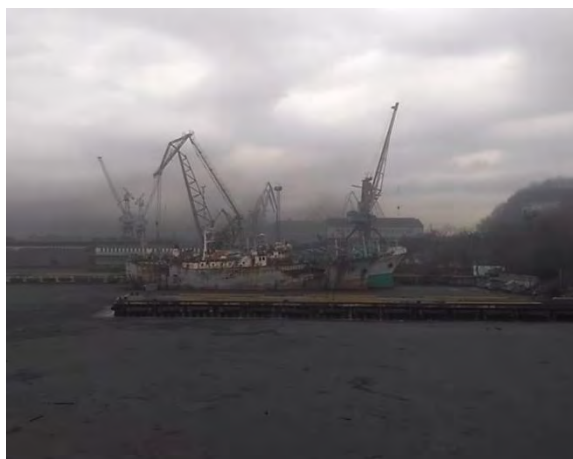
К сожалению, зачастую природоохранное законодательство до последнего времени попросту игнорировалось стивидорными компаниями, занимающимися перевалкой угля, которые делали выбор в пользу оплаты несоизмеримо малых штрафов за нарушения. В данной статье рассмотрены причины, по которым это происходит, а также предложены мероприятия, направленные на решение этой актуальной проблемы.

**Ключевые слова:** угольная пыль, угольная промышленность, охрана окружающей среды, природоохранное законодательство.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Отрасль транспортировки и экспорта угля из российских портов является очень прибыльной, однако при отгрузке и добыче открытым способом угля происходят систематические выбросы угольной пыли, которая наносит здоровью людей и окружающей среде огромный вред (рис.1).





**Рис. 1.** Облако угольной пыли над портом

Полная перестройка портов с применением технологий, способных обеспечить требуемый уровень защиты от побочного продукта – угольной пыли, может стоить до 150 миллиардов рублей. Это приводит к тому, что мало кто беспокоится о вреде, наносимом окружающей среде во время перевалки угля в порту [1].

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Авторы в работе [1] рассматривают экономическую составляющую проблемы угольной пыли в Приморье, а также приводят примеры борьбы с загрязнениями на опыте иностранных государств как варианты решения этой же проблемы в РФ.

В своей работе авторы [2] исследуют загрязнение воздуха в г. Находка Приморского края на предмет содержания угольной пыли и измеряют ее концентрацию. Исследование показало, что концентрация угольной пыли является предельной, что плохо сказывается на здоровье жителей и на состоянии окружающей среды (Табл. 1).

**Табл 1.** Предельно допустимые концентрации угольной пыли.

Уровень содержания пыли	Концентрация
пыль, содержание более 70% двуокиси кремния	1 мг/м <sup>3</sup>
пыль, содержание от 10% до 70% двуокиси кремния	2 мг/м <sup>3</sup>
пыль, содержание от 2% до 10% двуокиси кремния	4 мг/м <sup>3</sup>
пыль, содержание менее 2% двуокиси кремния	10 мг/м <sup>3</sup>

Содержание пыли в рабочей зоне не должно превышать 3 класс опасности (умеренно опасная) или 4 класс опасности (малоопасная).

На основании чего авторы приходят к выводу, что требуется внедрение систем минимизации распространения угольной пыли.

В публикациях [3,4,5] авторы демонстрируют, беспокойство местных жителей насчет сложившейся экологической ситуации. То, как они стараются привлечь внимание к ней посредством средств массовой информации, говорит о большой актуальности проблемы и отсутствии эффективных мер.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Погасить штраф Росприроднадзора было намного выгоднее, чем оплачивать дорогостоящее пылезащитное оборудование. За превышение объемов перевалки угля и несоблюдение технологии предусматривался штраф до 30 тысяч рублей или приостановка деятельности до 90 суток, в реальности суд выносил решение в пользу выплаты даже для компаний, для которых такой штраф – далеко не первый [6]. Но в 2019-м меры борьбы с нарушениями стали значительно серьезнее: порты начали закрывать.

Внимание к экологичности предприятий постоянно растет: ФГУП «Росморпорт» из-за нарушения природоохранных требований хочет разорвать договор аренды с Находкинским морским торговым портом, крупнейшей стивидорной компанией Находки. В 2017 году этот терминал принес собственникам 6,2 миллиарда рублей. Однако в случае расторжения договора предприятие будет вынуждено покинуть рынок. В марте 2019 года от санкционных мер уже пострадало ООО «Порт Ливадия». В зоне влияния терминала обнаружили превышение ПДК загрязняющих веществ, за что деятельность терминала была приостановлена на 14 суток решением Находкинского суда [7].

Пренебрежение природоохранным законодательством – огромная проблема всей отрасли, так как для выполнения всех предписаний и устройства эффективной защиты требуются большие капиталовложения.

Если предположить, что проверка предприятия проводится дважды в год, то даже если терминал будет каждый раз получать штраф или закрываться на срок до 90 суток (то есть в год 180 суток могут быть закрыты официально), то убытки компании несоизмеримы с устройством ветрозащиты и пылеулавливающего оборудования, которое обошлось бы примерно в 400 миллионов в Восточном порту все в той же Находки [8].

Росприроднадзор начал уделять внимание превышениям ПДК угольной пыли особое внимание [9]: состояние воздуха измеряется дважды в сутки, однако даже эта мера не гарантирует полноты и объективности, полученной в результате картины.

**Загрязнение Бухты Врангеля угольной пылью.** Первое, о чем следует сказать, так это то, что загрязнение угольной пылью происходит уже довольно давно, но в 2017 году произошло обострение, с тех пор как начался экспорт угля из Приморского края в Китай. И происходит оно из-за того, что стивидоры не торопятся построить терминалы, которые будут соответствовать экологическим требованиям [10].

И сразу перейдем к сути, почему же все-таки компаниям удается спокойно осуществлять деятельность с такими нарушениями. Рассмотрим на примере. Из статьи VL.ru от 30 марта 2019г. известно, что в сеть выгрузили видеоролик, где показывается загрязненный угольной пылью пляж, находящийся в Бухте Врангеля. А в статье с того же сайта, но от 6 апреля 2019г. говорится, что проверка 13 стивидорных компаний на предмет наличия угольной пыли на их причалах ничего не выявила.

Это заявление звучало бы правдоподобно, если бы не еще один источник – сайт Interfax-russia.ru и их статья от 14 апреля 2019, где говорится, что «10 апреля специалисты Росприроднадзора в ходе проверки стивидорных компаний в Находке на поверхности акватории бухты Врангеля в районе пляжа Прикумский обнаружили черную пленку, ей же был покрыт пляж». Лабораторные исследования выявили превышение нормативов содержания взвешенных веществ в 14,4 раза [7].

Так кому же верить? Разумнее было бы верить лаборатории, которая, не так давно открылась в Приморском крае и должна вывести процесс решения проблемы с угольной пылью на новый уровень, хотя бы потому что, возможно, будет труднее опровергнуть все превышения ПДК веществ.

Так в чем же заключаются проблемы, почему стивидоры работают и не вкладываются в сохранение состояния окружающей среды? Она заключается в Статье 8.21. КОАП РФ «Нарушение правил охраны атмосферного воздуха», где установленный максимальный штраф за нарушение ПДК – 250000 рублей, а стоимость установки нового оборудования измеряется в миллиардах рублей. Вот он камень преткновения: наши законы, которые требуют поправок, из-за того, что незаконное ведение деятельности обходится намного дешевле, чем забота об окружающей среде [6]. Ну и, конечно же, коррупция, без которой, эксперты, о которых говорилось в первом источнике, не признали бы состояние пляжа «нормальным».

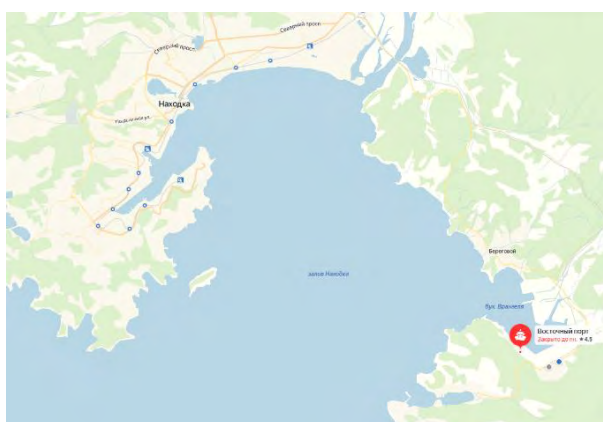
Предельно допустимые концентрации (ПДК) пыли в воздухе рабочей зоны установлены гигиеническими нормами ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны» [11].

В России измеряется и нормируется гравиметрическая концентрация всей пыли ингалируемой из воздуха рабочей зоны. В других развитых странах (кроме стран СНГ)

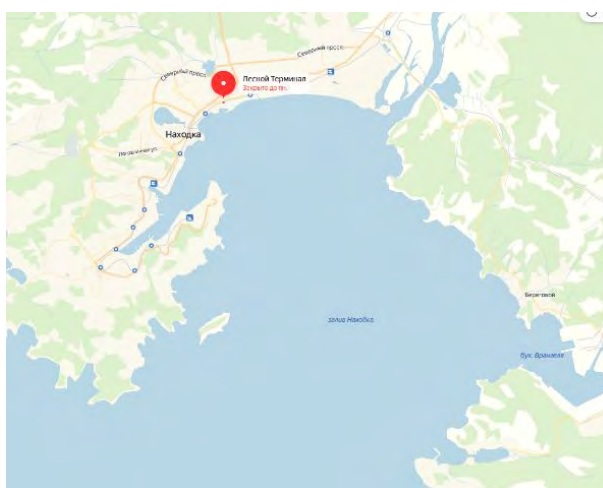
измеряется и нормируется прежде всего гравиметрическая концентрация респираторной (тонкой) фракции пыли [1].

Еще одна ощутимая сложность возникает с измерением ПДК пыли потому, что измерить количество самой пыли в воздухе проблематично в силу того, что она легко разносится воздушными потоками, и не всегда можно безошибочно определить, какой терминал способствовал загрязнению среды.

Наглядно эту проблему иллюстрирует ситуация с терминалом «Лесной» (рис. 2). Масштабный выброс угольной пыли происходит в «Восточном порту» (рис.3), однако преобладающие ветра способствуют распространению пыли в области «Лесного», и санкции накладываются именно на него.



**Рис. 2.** Расположение терминала «Лесной»



**Рис. 3.** Расположение "Восточного порта"

Также еще одна приморская компания была замечена в пренебрежении к соблюдению природоохранного законодательства: "Терминал Астафьева" не проводит необходимые мероприятия, например, по пылеподавлению [5].

Сегодня уголь из России вывозят через 27 портов, но на данный момент лишь в 4 действуют специализированные терминалы, которые оборудованы необходимыми устройствами для пылеподавления и пыли управления [1].

Однако крупнейшая стивидорная компания России, АО «Восточный порт», хоть и располагает специализированным терминалом, остановить выброс пыли не в состоянии (рис.4).



**Рис. 4.** АО «Восточный порт»

Зимой снег в бухте Врангеля чернеет от оседающей угольной пыли. От загрязнений страдает и акватория порта (рис.5).



**Рис. 5.** Загрязнения водных объектов

Порт открылся во времена Советского Союза, когда объемы работ были в разы меньше, и по большей части продукт предназначался для внутреннего пользования. Сейчас, когда

терминал переваливает огромное количество тонн угля в год, он просто не справляется. Увеличение объема перевалки — большая угроза для здоровой экологической среды (рис. 6).

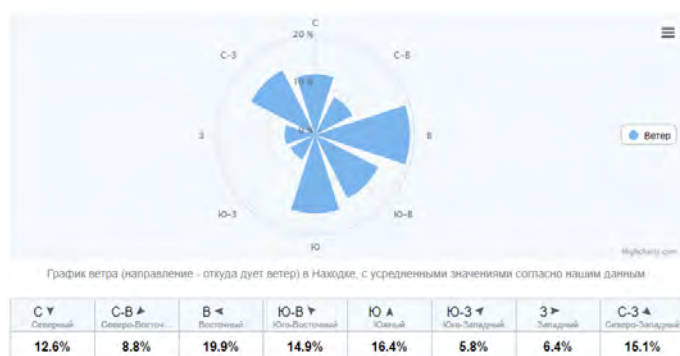


**Рис.6.** Зоны загрязнения угольной пылью

В Находке концентрация угольной пыли уже в 1,5-3 раза превысила нормальные значения [1].

Расстояние от жилых домов до, к примеру, терминала Лесной, составляет менее 1 км, что несомненно влияет на экологическую обстановку в городе (рис 7).

Также загрязнение акватории влечет за собой гибель микроорганизмов, являющихся кормом для последующих звеньев пищевой цепи, что ставит под удар возможность существования сбалансированной флоры и фауны.



**Рис.7.** Роза ветров в Находке

Для жизнедеятельности человека пыль также очень опасна. Жители портового города Находки выражают недовольство экологической ситуацией и опасения по поводу своего здоровья. Частицы угля влияют на бронхолегочную систему и в перспективе могут привести



к онкологическим заболеваниям. В жилых районах обязательно есть уязвимая группа населения: астматики, аллергики, болеющие дети [2].

Несмотря на то, что статистика Роспотребнадзора говорит о том, что количество больных не изменилось, сами жители утверждают обратное: они отмечают, что участились случаи бронхолегочных заболеваний со смертельными исходами [3-5].

Владельцы угольных терминалов неоднократно обещали оснастить предприятия защитой: поставить купола и сетки, а также орошать угольные кучи водой для оседания пыли, однако улучшений в этой сфере до сих пор не наблюдается. Десятки дел по административным правонарушениям рассматриваются в судах [8].

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В наши дни есть много способов сократить вредное воздействие на окружающую среду, и некоторые из них не такие затратные. В первую очередь, терминалы могут не производить перевалку угля при неблагоприятных погодных условиях, таких как сильные ветра с моря в сторону жилых районов города (рис.8).



**Рис.8.** Порт сегодня

Очень полезно увлажнение прилегающих территорий, установка оросителей, так как капли воды притягивают пыль и прибивают ее к земле, не давая распространяться в атмосфере на большие расстояния потоками воздуха. Ключевым моментом является решение изменить регламент перевалки угля-постараться минимизировать его потерю, например, не складировать уголь непосредственно перед терминалом, а помещать подъемный ковш внутрь угольного резервуара, чтобы не допустить распыления угольных частиц. Государство так же очень заинтересованно в борьбе с загрязнением земель и акватории угольной пылью, о чем может свидетельствовать распоряжение, которое предписывает добавить угольную пыль в

список загрязняющих веществ. В этом случае появится возможность привлечь стивидоров, игнорирующих природоохранные нормы и правила, к ответственности перед законом. Ранее, в мае 2018 года, вышло другое распоряжение правительства, которое предложило пересмотреть НДТ (наилучшие доступные технологии) по перевалке угля. Документ обязывает сократить выбросы загрязняющих веществ при хранении и складировании грузов.

Перевалка закрытого типа успешно применяется в Китае, Японии, Корее. Правда, азиатские терминалы рассчитаны на небольшой объем грузов, что позволяет безопасно работать в замкнутом помещении.

АО «Восточный порт» в 2019 году достроил порт вблизи г. Находка без государственного финансирования, владельцем которого является компания Starlion, где применяется новейшее специализированное оборудование, которое не только увеличивает мощность терминала, но и позволяет уменьшить влияние на окружающую среду от процесса перевалки угля [12]. На рис. 9 представлен порт, каким бы он мог быть при внедрении современных технологий.



**Рис. 9.** Как мог бы выглядеть современный порт

Важно отметить, что популярность сгораемого топлива, в том числе и угля, во всем мире стремительно падает [1]. В 2015 году страны всего мира подписали Парижское соглашение о резком снижении выбросов парниковых газов в атмосферу. Цель соглашения очень важна для экологии — удержать рост средней температуры на Земле в пределах двух градусов, без согласованного снижения объемов сжигаемого топлива достижение этого было бы практически невозможным.

Уменьшить оборот угольной энергетики пообещали более чем 180 стран мира, в том числе и Россия. Главным потребителем отечественного угля на Дальнем Востоке является Китай. И он, как подписант соглашения, уже начал выполнять его требования. Страна выводит



из эксплуатации старые угольные станции и планирует менее чем через 10 лет снизить потребление угля. Великобритания обязуется прекратить сжигание к 2025 году, а Канада и Финляндия — к 2030 году.

Такой «экотренд» не могут не учитывать отечественные добывающие и стивидорные компании. Активное наступление на угольную отрасль сопровождается увеличением экспорта ресурса по всему Дальнему Востоку. Однако, несмотря на это, объемы перевалки угля на Дальнем Востоке все равно ошеломляют: за 2018 год экспорт угля достиг рекордных 194 миллионов тонн.

## ВЫВОДЫ

Подытоживая все вышесказанное, предлагаем следующие пути решения представленных проблем: самым важным является введение поправок в законы о превышении ПДК веществ в воздухе, а именно ужесточение наказаний, увеличение сумм штрафа и введение дополнительной ответственности для руководителей стивидоров. Следующей мерой является усиление контроля, которое уже частично произошло с появлением лаборатории в Приморском крае, но этого мало, и останавливаться пока рано.

Вместе с этим самым надежным способом снижения негативного воздействия на окружающую среду и уменьшения выброса угольной пыли является приобретение современного оборудования для пылеулавливания и ветрозащиты, а также возведение закрытых терминалов, созданных по последним технологиям.

Самым лучшим вариантом будет комплекс описанных мер, так как ни одна из них не сможет самостоятельно решить проблему с угольной пылью. Такой комплексный подход сможет гарантировать сохранность экологической обстановки на Дальнем Востоке, однако на внедрение всех инноваций и поправок в законодательстве может потребоваться немало времени, но и это внушает оптимизм в отношении перспективы улучшения ситуации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Угольная революция. Кто зарабатывает на пыли, отравляющей жителей портовых городов. [Электронный ресурс]: <https://dailystorm.ru/obschestvo/ugolnaya-revolyuciya-kto-zarabatyvaet-na-pyli-otravlyayushchey-zhiteley-portovyh-gorodov> (дата обращения 10.04.2020)
2. Исследование загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсной угольной пылью (г. Находка, Приморский край) / К.Ю Кириченко, А.С. Холодов, И.А.

Вахинюк, Д.С. Гусев, А.В. Кирьянов, В.А. Дрозд, К.С. Голохваст // ВЕСТНИК КамчатГТУ. – 2019. – №50. – С. 2-7

3. Жители Приморского края жалуются Президенту России на угольную пыль [Электронный ресурс]: <https://www.kp.ru/daily/26998.4/4059222/> (дата обращения 10.04.2020)
4. Черный город: жители Находки задыхаются от угольной пыли [Электронный ресурс]: [https://tvzvezda.ru/news/vstrane\\_i\\_mire/content/201702060806-9m9x.htm](https://tvzvezda.ru/news/vstrane_i_mire/content/201702060806-9m9x.htm) (дата обращения 10.04.2020)
5. «Опыляйтесь, люди». Уголь душит жителей Приморья [Электронный ресурс]: <https://zona.media/article/2018/03/22/coal> (дата обращения 10.04.2020)
6. "Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях" от 30.12.2001 N 195-ФЗ (ред. от 12.11.2019) Статья 8.21. Нарушение правил охраны атмосферного воздуха
7. Суд в Находке приостановил на 14 суток работу порта Ливадия из-за угольной пыли [Электронный ресурс]: <https://www.interfax.ru/russia/656528> (дата обращения 10.04.2020)
8. Проблемы угольной пыли в Приморье теперь под контролем? [Электронный ресурс]: <http://primorye24.ru/news/post/108992-problemy-ugolnoy-pyli-v-primore-terep-pod-kontrolem%D0%A0%D0%86%D0%A0%D1%95%D0%A1%E2%80%9A> (дата обращения 10.04.2020)
9. Росприроднадзор возбудил дела в отношении стивидоров из-за загрязнения акватории в районе Находки угольной пылью [Электронный ресурс]: [http://www.interfax-russia.ru/FarEast/news.asp?id=1023346&sec=1671&utm\\_referrer=korabel.ru%2Fnews%2Fcomments%2Frospririodnadzor\\_provedet\\_proverku\\_posle\\_zagryazneniya\\_morya\\_u\\_golnoy\\_pylyu\\_v\\_primore.html](http://www.interfax-russia.ru/FarEast/news.asp?id=1023346&sec=1671&utm_referrer=korabel.ru%2Fnews%2Fcomments%2Frospririodnadzor_provedet_proverku_posle_zagryazneniya_morya_u_golnoy_pylyu_v_primore.html) (дата обращения 10.04.2020)
10. Черное море под Находкой: бухта Врангель покрыта угольной пылью, которую разгоняют буксиры [Электронный ресурс]: <https://www.newsvl.ru/society/2018/04/06/169121/> (дата обращения 10.04.2020)
11. ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
12. Угольная Находка. Открывают третью очередь «Восточного порта» [Электронный ресурс]: <https://www.vedomosti.ru/business/galleries/2019/09/04/810362-nahodke-dayut-uglya#/galleries/140737494568865/normal/9> (дата обращения 10.04.2020)

## ПРОБЛЕМА ДЕФИЦИТА ВОДЫ В АФРИКЕ

**Шелабина Е.В.<sup>1</sup>, Генерозова А.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>студент 2 курса 21 группы ИИЭСМ

**Научный консультант: Курочкина В.А**

канд. техн. наук, доцент кафедры ИИиГЭ

### **Аннотация**

Обладая значительными запасами воды, страны Африки сегодня испытывают все больший дефицит воды из-за быстрорастущих городов и крупных населенных пунктов. Нерациональное использование ресурсов, хронически перегруженные системы водоснабжения, трудности с долгосрочными инвестициями и отсутствие плана комплексных мероприятий на основе длительных, планомерных научных исследований лишь усугубляют эту проблему. Очистка водных объектов и устройство систем водоснабжения зачастую сдерживается трансграничным фактором, поскольку большинство водных объектов расположены одновременно на территории нескольких государств, что делает эту проблему еще и межгосударственной.

Отсутствие скоординированных мероприятий, направленных на решение этих вопросов, а также плохо проработанная законодательная база в области использования водных ресурсов и природоохранных мероприятий являются особенностью проблемы дефицита воды в Африке. Однако только решение всех проблем, вызванных дефицитом воды, таких как обеспечение водоснабжения для населения и улучшение качества воды водных объектов в целом, может улучшить здоровье населения, а также обеспечить устойчивое экономическое развитие региона и его экономическую стабильность.

**Ключевые слова:** качество воды, устойчивое развитие, водные ресурсы, методы очистки, геоэкология, природоохранное законодательство

### **ВВЕДЕНИЕ**

Дефицит воды относится к экономическим, социальным и экологическим проблемам, вызванным неудовлетворенными потребностями в воде. Недостаток предложения часто вызван загрязнением, засухой или нарушением распределения. Так, например, в ходе гражданской войны, когда в 2002 году Республика Кот-д'Ивуар разделилась на две части,

возглавляемые повстанцами Севером и управляемые правительством Югом. Жители Юга отказались платить по счетам за воду, что привело к возникновению опасной угрозы здоровью населения в регионе, увеличив риск возникновения таких болезней, связанных с водой, как холера. В то время как дефицит воды наблюдается во всем мире, ни один регион не пострадал больше, чем Африка к югу от Сахары. Примером тому может служить конфликт в Дарфуре (Дарфурский конфликт), который частично связан со спорами по поводу воды. Конфликт, приведший к кризису, возник из-за напряженности между кочевыми сельскохозяйственными группами, которые конкурировали за воду и пастбища -и то, и другое становилось все более дефицитным из-за расширяющейся пустыни Сахара.

Таким образом, проблема дефицита воды в Африке связана не только с разработкой мероприятий, направленных на обеспечение бытовых нужд населения, сельского хозяйства и других сфер деятельности человека необходимым количеством воды нужного качества, но и в некотором смысле является «трансграничной» проблемой. Несогласованное использование водных объектов, расположенных на территории сразу нескольких государств, часто приводит к возникновению конфликтов.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Одной из главных проблем человечества уже давно является преодоление глобального кризиса, обусловленного недостаточно развитой системой водоснабжения, которая столь необходима для удовлетворения основных человеческих потребностей. Эта проблема тесно связана с ростом спроса на воду, как для бытового использования, так и для коммерческой и сельскохозяйственной деятельности. Проблемам, связанным с водой, были посвящены Конференция ООН по водным ресурсам (1977 год), Международное десятилетие снабжения питьевой водой и санитарии (1981–1990 годы), Международная конференция по водным ресурсам и окружающей среде (1992 год) и Всемирная встреча на высшем уровне «Планета Земля» (1992 год). Эта проблема освещается во многих отчетах [1-4] и статьях [5-9]. Причины такого дефицита могут быть разные. В данной статье рассматриваются основные причины дефицита воды в Африке.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В Африке располагается три из десяти крупнейших озер на земле и длинные, богатые водой реки, такие как Нил, Конго и Нигер. Озеро Виктория является вторым по величине пресноводным озером в мире. Озеро Танганьика и озеро Малави являются вторым и третьим по величине озером Африки. Реки и озера снабжают не только водой миллионы людей,

живущих на берегах. Рыба служит пищей, гидроэлектростанции генерируют электроэнергию, а рабочие места создаются – например, в рыболовстве и сельском хозяйстве. Как уже отмечалось, большинство водных объектов Африки располагаются на территории нескольких государств. Так, например, р. Нил (рис. 1) течет по территории следующих стран: Танзания, Уганда –р. Белый Нил, Южный Судан –р. Голубой Нил, Судан-слияние рек Белого и Голубого Нила, Египет, Эфиопия–р. Нил, Руанда, Бурунди, Кения – р. Кагера. Кроме этого, на берегах рек построенные почти все крупные города Египта.



**Рис. 1.** Бассейн реки Нил

Река Конго — самая глубокая река нашей планеты. Находится река в Африке, в самом её центре и берёт своё начало на высоте 1590 метров над уровнем моря в юго-восточной части Демократической Республики Конго между озёрами Танганьика и Ньяса. В этом месте исток образует река Чамбези. На своём пути р. Конго встречает озеро Бангвеулу и реку Луалабу. Конго содержит огромные запасы воды, и является второй в мире рекой по водности. Водосборный бассейн превышает 4 миллиона км<sup>2</sup>. Эта река очень важна для местных жителей, поскольку является не только источником пресной воды, но ещё и пищи. Всего в реке (а также в озёрах, связанных с ней) обитает около тысячи видов рыб. Некоторые из этих видов добываются в промышленных масштабах. На р. Конго построено несколько крупных ГЭС— Нзила, Нсеке и Инга. Однако только 10% всего африканского населения живут в долине второй по длине африканской реки – Конго. Это самый важный источник воды на континенте. Река Конго имеет огромное промышленное, экономическое, торговое, туристическое значение

для нескольких государств Африки. Но несмотря на всю свою важность для африканского континента, эта река небезопасна. Несмотря на большое разнообразие фауны, в реке вода очень грязная, т.к. большинство населенных пунктов не имеет систем водоотведения.

Согласно данным ЮНИСЕФ почти 700 миллионов человек, проживающих в Африке, не имеют доступа к чистой питьевой воды и необходимых методов ее очистки.

Поскольку 90 процентов водных ресурсов в Африке приходится на 63 речных водосборных бассейна, принадлежащим разным странам, пересекаемых многочисленными границами, управление водными ресурсами в регионе по своей сути является проблемой глобальной и напрямую зависит от возможности осуществлять скоординированную совместную работу различных государств (рис.2).



Рис.2. Геополитическая карта Африки

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С ростом численности населения и промышленности в Африке спрос на воду возрастает, что еще больше усложняет политические, институциональные, экономические и финансовые проблемы, с которыми сталкиваются страны при управлении и освоении своих трансграничных рек, озер и водоносных горизонтов. Настоятельная необходимость содействия сотрудничеству вокруг общих водных ресурсов в Африке возрастает по мере роста

конкуренции за ресурсы, а изменение климата усиливает гидрологическую изменчивость и непредсказуемость.

Доступность к чистой воде определяется в немалой степени местожительством. Городским жителям гораздо проще получить доступ к питьевой воде, чем сельским.

Люди, которые живут в отдаленных деревнях, а также во многих городах, получают воду из отдаленных колодцев, ручьев или отверстий для воды с помощью канистр. Часто женщины и девушки проходят эти маршруты не только один раз, но и несколько раз в день. Чтобы получить воду, они должны преодолевать расстояние в несколько миль в день до удаленного источника воды. Все женщины той части Африки, что расположена в Южной Сахаре, тратят около 200 миллионов часов в день, чтобы добыть питьевую воду, это равнозначно 40 миллиардам часов в год.

Для женщин и детей этот водный кризис особенно ощутим. В некоторых частях Африки и Азии женщины и дети проходят пешком в среднем 3,7 километров в день к источнику воды. Роль водоноса главным образом выполняют девушки и женщины. В некоторых Африканских школах посещаемость девочек на 15% выше, если источник питьевой воды находится в 15 минутах ходьбы от их дома, чем если источник находится в часе ходьбы.

Кропотливо добытая вода загрязнена и заражена бактериями, что может привести к болезням (рис. 3).



**Рис. 3.** Дети наполняют канистры водой

Больше всего от дефицита воды страдают Южная Африка и Северная Африка к югу от Сахары, в частности полоса по всему континенту вдоль и к северу от Сахельского региона в Западной Африке [4]. Также сильно страдает от дефицита воды Нигерия, поскольку многие водные проекты в стране были заброшены, а высокие уровни загрязнения поверхностных вод



делают их непригодными для питья. И, несмотря на значительные доходы от продажи электроэнергии Эфиопия, Ангола и Нигер также страдают от нехватки воды.

Регионы, страдающие от водного дефицита, служат катализаторами распространения болезней. Согласно исследованию, опубликованному в докладе ВОЗ и ЮНИСЕФ «Водоснабжение, санитария и гигиена в учреждениях здравоохранения: практические шаги по достижению всеобщего доступа к качественной помощи» [4], проведенному организацией Объединенных Наций, небезопасная вода является причиной около 80 процентов заболеваний и 30 процентов смертей в развивающихся странах по всему миру [5]. В большинстве поселениях Африки нет нормальных очистных сооружений. По статистике каждый пятый ребенок умирает от отравления водой из загрязненного источника. Около 10% болезней в мире можно избежать с помощью обеспечения населения водоснабжением и фильтрацией воды, обучения детей простым правилам гигиены, а также с помощью эффективного управления водными ресурсами.

В Африке, на долю которой приходится 90 процентов общих случаев малярии, дефицит воды влияет на ход болезни, поскольку он препятствует процессу восстановления человека. Но почему последствия дефицита пресной воды в странах Африки проявляются так сильно? Вода является важнейшим ресурсом сохранения всего живого на Земле, но ее неравномерное распределение на континентах становится постоянной причиной кризисов, политической нестабильности, вооружённых конфликтов, проблем в развитии экономики и бедствий.

Одна из самых важных причин нехватки воды – это климат.

Африка-второй по величине континент на Земле с разными климатическими условиями. Количество осадков выпадает крайне неравномерно: в пустынях их почти никогда нет, в тропиках они выпадают ежедневно, а во многих регионах чередуются сухой и дождливый сезон (рис. 4, 5).



**Рис.4.** Засушливые районы континента





**Рис. 5.** Наводнение в Африке

Отсутствие воды приводит к тому, что сельское хозяйство и скотоводство недостаточно развиты и не могут получить дальнейшего развития. Кроме того, вода также необходима для приготовления пищи и использования санитарных средств, таких как туалеты и душевые.

В 2011 году Совет Безопасности ООН признал, что изменение климата влечет за собой серьезные последствия для безопасности, подчеркнув, что водная среда в этом отношении наиболее уязвима. При повышении среднемировой температуры на 1,5-2°C в результате засух и расширения площадей засушливых зон к 2030-м – 2040-м годам площади для выращивания кукурузы, проса и сорго сократятся на 40-80%. По данным исследований, при повышении среднемировой температуры на 4°C, что может произойти приблизительно в 2080-х годах, в южной части Африки годовое количество осадков может сократиться на 30%, а в восточной Африке количество осадков увеличится. Изменения экосистем пастбищных угодий, в частности, сокращение площади травянистой саванны при увеличении площади редколесной саванны в результате роста объемов выбросов двуокиси углерода в атмосферу, могут привести к сокращению запасов кормов для крупного рогатого скота [5].

Уже сейчас засушливые районы испытывают большое влияние глобального потепления. Оно влечет за собой повышение температуры воздуха и отрицательно влияет на количество осадков. На некоторых территориях частота возникновения дождей понизилась почти на 25% вследствие глобального потепления. В этом случае в странах Африки к югу от Сахары главной проблемой станет обеспечение населения продовольствием, ввиду наличия таких опасных факторов, как засухи, наводнения, перепады количества осадков.

Как это может отразиться на сельском хозяйстве. Развитие сельскохозяйственной отрасли имеет значительный потенциал для улучшения экономики африканских стран, но, вместе с тем, требует обширных запасов воды. Еще одной проблемой, с которой столкнется сельского хозяйства при изменении климата, станет деградация почв, т.е. потеря питательных веществ, от которых напрямую зависит урожай.

Осадки редко собираются, хранятся и распределяются в другие места. Таким образом, жизненно важная влага просачивается в почву. В странах континента сегодня используется только 5 процентов запасов грунтовых вод. Проблема заключается в том, что зачастую водоносные горизонты располагаются на глубине до 250 метров (рис.6). Чем глубже они залегают, тем более сложными и дорогими является методы и оборудования по откачке воды (устройство колодцев, покупка насосов). Транспортировка воды или строительство системы каналов стоят больших денег.



**Рис. 6.** Устройство резервуаров для воды

Другой причиной возникновения дефицита является наличие недостаточно развитой и очень неравномерно распределенной инфраструктуры водоснабжения и водоотведения.

Доступ к чистой питьевой воде особенно затруднен в районах постоянных межправительственных и национальных конфликтов, которые могут также возникать из-за пользования водными ресурсами, т.к. реки и озера расположены на территории сразу нескольких государств. Это напряжение обычно возрастает при слабом руководстве "борющегося за власть" правительства, влиянии коррупции, неправильном управлении природными ресурсами, неудачными капиталовложениями и недостаточными научными исследованиями окружающей среды и городской инфраструктуры [6].

Инфраструктура относится не только к дорожному движению, но и к строительству канализационных сооружений и трубопроводов, которые должны доставлять воду непосредственно в жилища. В то же время — это должно препятствовать распространению болезней и эпидемий и повышать информированность о гигиене [7].

Из 980 крупных плотин в Африке к югу от Сахары около 589 находятся в Южной Африке, в то время как Танзания, страна с почти такой же массой суши и населением, имеет только две большие плотины. Если посмотреть на всю Африку, то можно увидеть, что несоразмерное большое количество водохранилищ предназначено только для нескольких стран, таких как Южная Африка и Египет [8]. Обобщенные региональные или континентальные показатели могут не в полной мере отражать, насколько тяжелое положение действительно существует во многих странах и насколько велик потенциал для развития каждой отдельной территории. Так, например, в настоящее время доступ к чистой воде в странах Африки к югу от Сахары хуже, чем в любой другой области континента, и только 22-34 процента населения, по меньшей мере, в восьми странах к югу от Сахары имеют доступ к чистой воде.

## **ВЫВОДЫ**

В настоящее время только 58 процентов африканцев имеют доступ к чистой питьевой воде, менее 5 процентов обрабатываемых земель орошаются, и используется только 10 процентов гидроэнергетического потенциала страны. В дополнение к этим проблемам большая часть Африки крайне уязвима и недостаточно подготовлена к тому, чтобы справиться с последствиями изменения климата.

К 2020 году, по прогнозам, от 75 до 250 миллионов человек в Африке испытывают повышенный водный дефицит. Использование обширных водных ресурсов Африки имеет потенциал для значительного укрепления водной безопасности региона, улучшения условий жизни и подпитки экономического роста. Совершенствование природоохранного законодательства и методов управления водными ресурсами, разработка мероприятий и программ, направленных на улучшение водоснабжения и методов очистки воды, повышение качества мониторинга состояния водных объектов может внести важнейший вклад в достижение продовольственной безопасности, снижение уязвимости к изменению климата, улучшение здоровья человека. Устойчивое сельское хозяйство, развитие промышленности, необходимые для стимулирования роста и устойчивого экономического развития стран Африки, а значит экономическое благополучие региона, также невозможны без решения всех этих вопросов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Water, sanitation and hygiene in health care facilities: practical steps to achieve universal access World Health Organization: 2019. ISBN 978-92-4-151551-1 [Электронный ресурс]: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/311618/9789241515511-eng.pdf>. (дата обращения 10.04.2020)
2. Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017. World Health Organization and UNICEF, 2017. Joint Monitoring Programme. ISBN 978-92-4-151289-3 [Электронный ресурс]: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/258617/9789241512893-eng.pdf?sequence=1>. (дата обращения 10.04.2020)
3. Safely managed drinking water services - thematic report on drinking water 2016. UNICEF and World Health Organization. 2016. [Электронный ресурс]: <http://www.prographic.com/wp-content/uploads/2016/11/UNICEF-SafelyMngDrinkWater-2016-11-18-web.pdf>. (дата обращения 10.04.2020)
4. Progress on Sanitation and Drinking Water – 2015. UNICEF and World Health Organization. Joint Monitoring Programme. 2015. ISBN 9 789241 509145 [Электронный ресурс]: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/177752/9789241509145\\_eng.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/177752/9789241509145_eng.pdf?sequence=1). (дата обращения 10.04.2020)
5. Официальный сайт ООН [Электронный ресурс]: <https://www.un.org/ru/sections/issues-depth/water/>. (дата обращения 10.04.2020)
6. Причины нехватки пресной воды. Инновационные методы и проекты получения питьевой воды. Петухова Е.О. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36237616>. (дата обращения 10.04.2020)
7. Региональная инициатива ФАО по сокращению дефицита водных ресурсов [Электронный ресурс]: <http://www.fao.org/3/I7902EN/i7902en.pdf>
8. Мировой рынок пресной воды. [Электронный ресурс]: <http://www.vigorconsult.ru/resources/mirovoy-rynok-presnoy-vodyi/>. (дата обращения 10.04.2020)

**АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОДХОД К СНИЖЕНИЮ АНТРОПОГЕННОГО  
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В МЕГАПОЛИСАХ  
(БАШНЯ ЖЕМЧУЖНОЙ РЕКИ)**

**Юхано Д.Д.<sup>1</sup>, Цороев А.М.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>студент 2 курса 62 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный консультант: Суздалева А.Л.**

д-р биол. наук, профессор кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

**Аннотация**

В статье рассказано о методах снижения энергопотребления, которые могут наиболее эффективно быть применены в крупных городах и, как следствие, снижение потребления электроэнергии приведет к уменьшению выбросов парниковых газов в атмосферу. Мы убедились в эффективности данного подхода к решению поставленной задачи. Внедрение ряда технологий, таких как умный свет, автоматические жалюзи, система «двойной фасад» и др. в совокупности дает ощутимый эффект. Это обеспечивает снижение энергопотребления до 80%. В текущей ситуации полностью обеспечить мегаполисы возобновляемой электроэнергией не представляется возможным, так как объём ресурсов, требуемый на решение данной проблемы, очень велик. Наше решение, которое может быть охарактеризовано, как «разумная экономия» значительно приблизит современные мегаполисы к «экологичному» будущему.

**Ключевые слова:** креативная парадигма, загрязнение воздуха, антропогенное воздействие мегаполисов, башня жемчужной реки, энергопотребление, парниковые газы, энергетическая эффективность

**ВВЕДЕНИЕ**

Проблема загрязнения атмосферы земли в последние десятилетия становится одной из глобальных проблем всего человечества. Наиболее сильными загрязнителями воздуха чаще всего являются объекты энергетической промышленности, металлургии, транспорта и др. Согласно статистическим данным Всемирной организации здравоохранения, около семи миллионов людей погибает в мире каждый год от заболеваний, вызванных загрязненным воздухом, а 91% процент населения Земли живет в местах, где уровень содержания в воздухе

опасных для здоровья человека веществ превышает установленные нормы [1]. Тенденции развития современных городов свидетельствуют об устойчивом развитии высотного строительства и необходимости возведения технологичных зданий, с целью снижения антропогенного воздействия в мегаполисах [2]. Развитые страны уделяют все больше внимания решению данной проблемы. Среди самых распространенных мер по снижению выбросов является создание источников возобновляемой энергии, разработка нормативных документов и создание природоохранных организаций по контролю за состоянием окружающей среды. Разрабатываются альтернативные способы значительного снижения загрязнения воздуха, которые эффективны в мегаполисах.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Альтернативный подход к охране окружающей среды, который применим в мегаполисах, можно назвать креативной парадигмой. Суть данного термина наиболее удачно раскрыта в работе автора [3]. Понимая, что процесс техногенеза окружающей среды остановить невозможно, нам остается только научиться этим процессом управлять. Креативный подход- это создание управляемых природно-технических систем, или, иными словами, это контроль процесса техногенеза, который является единственным способом улучшить экологическое состояние мегаполиса.

Китайский город Гуанчжоу до недавнего времени возглавлял списки самых загрязненных городов мира. Китайское правительство поставило перед собой цель значительно снизить выбросы парниковых газов в атмосферу. В рамках этой политики в 2006 г. был спроектирован небоскреб «Жемчужная река». Сущность политики заключалась в создании зданий, которые были бы способны обеспечивать себя электроэнергией и даже производить ее в избыточном количестве, передавая в локальные электрические цепи. Такие проекты получили название «нулевок». Полностью выполнить задуманное, т.е. создать небоскреб-электростанцию, не удалось. Однако в 2010 г. небоскреб «Жемчужная река» был построен (рис. 1). И его главной особенностью стала очень высокая энергоэффективность: суммарное потребление энергии было снижено на 60%. Добиться этого результата позволил ряд технологий, внедренных в конструкцию данного здания, большинство из которых были применены впервые в строительстве такого масштаба [4].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Башню «Жемчужная река» проектировал американский архитектор Горден Гилл. Цель этого проекта заключалась в собрании воедино всех известных технологий зеленого



строительства. Здание имеет обтекаемую форму, напоминающую гигантскую голубую волну. Высота здания составляет 310 м. В здании расположены 2 технических этажа и 69 офисных этажей.

На технических этажах, на высоте в сотни метров от земли, в специальных каналах установлены ветряные турбины, которые значительно (в 10-15 раз) эффективнее автономных (рис. 2) [5]. Кроме того, аэродинамические особенности конструкции здания дополнительно обеспечивают усиление ветра, вращающего интегрированные турбины, в 2-3 раза. Не маловажную роль играет и ориентация самого здания – навстречу преобладающим ветрам. Таким образом, интегрированные ветряные турбины вырабатывают электроэнергию, излишки которой запасаются в аккумуляторных батареях (рис. 3).



**Рис. 1.** Небоскреб «Башня жемчужной реки», Гуанчжоу, Китай ([www.pinterest.com](http://www.pinterest.com))



**Рис. 2.** Ветрогенератор, интегрированный в конструкцию здания ([www.pinterest.com](http://www.pinterest.com))

Еще более интересной системой является система поддержания климата внутри здания. Она основана на использовании двойного остекления южного фасада здания и автоматической системы жалюзи для снижения нагрева воздуха (рис. 4). Причем угол открытия жалюзи

автоматически меняется в зависимости от солнца, и они полностью открываются в пасмурную погоду. Жалюзи оборудованы фотогальваническими элементами, поэтому даже когда они закрыты, вырабатывается электроэнергия (рис. 5).

Нагретый между стеклами фасада горячий воздух собирается и используется системой осушения, что обеспечивает улучшение микроклимата - снижение влажности в помещениях. Солнечные батареи представлены фотоэлектрическими панелями и тепловыми коллекторами. Они передают электричество в аккумуляторы здания и, кроме того, нагревают воду, подаваемую в здание.

В башне «Жемчужная река» предусмотрена система рециркуляции воды. Она включает сбор дождевой воды (водосборниками на крыше), ее очистку и переработку. А также весь конденсат, собранный этой системой, идет на полив растений и используется в туалетах.



**Рис. 3** Аккумуляторы для хранения энергии в промышленных масштабах



**Рис. 4.** Схема двойного фасада



**Рис. 5.** Выработка электроэнергии при закрытых жалюзи ([www.magspace.ru](http://www.magspace.ru))



Для улучшения микроклимата и экономии электроэнергии воздух, проходя через туннели с ветрогенераторами, забирается воздухозаборниками и попадает в систему вентиляции, где охлаждается водой, циркулирующей в трубах.

Особенностью кондиционирования воздуха в здании является не централизованная, а разветвленная система циркуляция хладагента по каналам, расположенным под полами офисных помещений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Еще одним решением, позволяющим повысить энергообеспеченность здания, может быть монтаж небольших газотурбинных установок, которые могли бы работать как на биодизеле (экологически чистом виде топлива), так и на природном газе, превращая здание в своего рода небольшую электростанцию, излишки энергии которой могли бы возвращаться в электросеть и снабжать соседние здания.

Продемонстрируем практическую пользу данного подхода:

- Энергопотребление здания «нового поколения» в год по Европейским стандартам равно  $150 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ [4].
- Снижение энергопотребления рассматриваемого нами здания PearlRiverTower в результате применения вышеперечисленных технологий составило 58%
- Площадь здания PearlRiverTower составила  $212,165 \text{ м}^2$ [6].

Таким образом, изначальное годовое энергопотребление легко вычислить по следующей формуле:

$$Q = S \cdot q = 31 \text{ Мвт}\cdot\text{ч (за год)}, \quad (1)$$

где  $S$  – площадь здания,  $\text{м}^2$

$q$  – среднее энергопотребление в год,  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$

Итоговое годовое энергопотребление составило  $Q = 18 \text{ Мвт}\cdot\text{ч}$

## ВЫВОДЫ

Данный проект привлекает внимание общества к важной проблеме выброса парниковых газов в атмосферу. Глобальное решение этой проблемы возможно только при принятии комплекса мер, одной из которых является создание зданий с близкой к нулю энергопотребностью. Массовое строительство зданий с применением данных технологий

позволит снизить суммарное потребление энергии и делает возможным, а также менее затратным переход на альтернативные источники энергии.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сайт Всемирной Организации здравоохранения [Электронный ресурс]: [www.who.int](http://www.who.int) (дата обращения 10.04.2020)
2. Генералов В.П., Генералова Е.М. Перспективы развития типологии высотных зданий. Будущее городов// Вестник СГАСУ. Строительство и архитектура. 2015. № 1 (18). С. 13-18.
3. Авторский сайт проф А.Л. Суздалевой [Электронный ресурс]: [www.ntsyst.ru](http://www.ntsyst.ru) (дата обращения 12.03.2020).
4. Кряклина И.В., Шешунова Е.В., Грек И.Л. Энергоэффективный дом с нетрадиционными и возобновляемыми источниками энергии //Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. С. 243.
5. Елистратов В.В, Боброва Д.М. Ветроэнергетические установки – архитектурный элемент здания //Архитектура и современные информационные технологии. 2013. № 2 (23).
6. Сайт электронной энциклопедии Википедия [Электронный ресурс]: [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Pearl\\_River\\_Tower](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Pearl_River_Tower) (дата обращения 12.03.2020)

## **ПРОБЛЕМА ЗАГРУЖЕННОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ В БОЛЬШИХ ГОРОДАХ**

**Янченко А.П.<sup>1</sup>, Кудина В.С.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Студент 3 курс 6 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный консультант: Бузякова И.В.**

канд. геогр. наук, доцент кафедры ИИиГЭ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

**Предмет исследования:** в статье приведен анализ загруженности парковочных мест автомобильным транспортом в городе Владивосток. Рассмотрена возможность размещения автомобилей на специально оборудованных парковках. Целью работы является анализ размещения на парковках машино-мест в соответствии с нормами СНиП 21-02-99, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

В результате исследований выявлены случаи, что как нарушения, так и соблюдение норм при размещении парковочных мест вблизи детских учреждений и жилых зданий.

**Ключевые слова:** наземная стоянка автомобилей открытого типа, автомобилизированный город, загруженность дорог, парковка

### **ВВЕДЕНИЕ**

Автомобильный транспорт является неотъемлемой частью нашей жизни. Без автомобиля не обойтись в большом городе. Так же он признан удобным и экономичным средством передвижения, но вместе с тем возникает проблема размещения транспортных средств в черте города. Вследствие этого перед проектировщиками современности встает вопрос создания архитектурно-привлекательных объектов, отвечающих потребностям не только автомобилистов, но и пешеходов. Из-за автотранспорта атмосфера подвергается загрязнению продуктами сгорания от выхлопных газов. Загрязнение воздуха влияет на здоровье всего человечества, а количество хронических заболеваний дыхательных путей с каждым годом увеличивается в сотни раз.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Нагрузка на городские дороги Владивостока очень велика. Об этом гласит официальный сайт администрации рассматриваемого города [1]. Из-за большого количества автомобилей возникают трудности при парковке на специализированных местах. На данный момент во Владивостоке ведется разработка комплексной схемы организации парковочных мест, согласно нормативно-правовым документам и официальному сайту «Статуправления По Приморскому Краю» [2].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящее время количество машин стремительно увеличивается. В связи с чем, данная проблема является актуальной. С ростом городского автопарка будет происходить и увеличение объемов выброса загрязняющих веществ в атмосферу.

Согласно ГОСТ Р 56162— 2014 «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу» при работе двигателя внутреннего сгорания автомобиль выбрасывает в окружающую среду более 200 веществ: угарный газ (CO), углекислый газ (CO<sub>2</sub>), оксиды азота NO<sub>x</sub> (смесь оксидов NO и NO<sub>2</sub>), оксид серы (SO<sub>2</sub>), несгоревшие углеводороды (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>), тяжелые металлы (свинец, кадмий и др.), канцерогенные вещества (бенз(а)пирен, формальдегид). Почти все эти вещества опасны для здоровья людей.

Традиционные способы размещения автомобилей не удовлетворяют современным требованиям. Машин все больше, а площади все те же, или даже меньше. Для того, чтобы уменьшить потери в площадях, машины нужно размещать плотней друг к другу. Для решения этой проблемы появились наземные, многоуровневые и механизированные парковки (табл. 1).

Проанализируем, на каком расстоянии от жилых домов должны располагаться парковки и скопление автотранспорта. Согласно Градостроительному Кодексу, план строящегося здания утверждают, если соблюдены нормы и требования строительства, а также соответствие противопожарной безопасности.

В СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» представлены требования к расстоянию от автомобилей до жилых и общественных зданий (табл.2).

**Табл. 1.** Виды парковок

Наземные		Многоуровневые			Механизированные	
открытые	крытые	наземные	подземные	наземно-подземные	горизонтальные	вертикальные
<p>Представляют собой одноуровневые открытые стоянки для автотранспорта. Наземные площадки для парковок занимают большие территории в городах, тем самым уменьшая площадь газонов. Чтобы их сохранить – создаются эко-парковки. Натойкой газон можно ставить автомобиль, не боясь повреждения насаждений, уложив газонные решетки.</p>		<p>Многоуровневые паркинги – единственно эффективный способ решения проблемы хранения автотранспорта в большом количестве на небольшой территории. При дефиците площади подходят для размещения большого количества автомобилей. Вмещают в себе от сотни до тысяч машин. Они могут находиться как в отдельно стоящем сооружении, так и в пристроенном к стенам зданиях.</p>			<p>Механизированная парковка – это многоярусное строение с лифтом и отсеками для машин. Автомобили ставятся на площадку, а затем их поднимают вверх, располагают в ячейках друг над другом. Данная система управляется одним оператором. От водителя требуется поставить машину в лифт, вручить оператору магнитную карточку. Лифт поднимает автомобиль на нужный ярус.</p>	

**Табл. 2.** Расстояние автомобилей на открытых автостоянках до жилых и общественных зданий

Объекты, до которых исчисляется разрыв	Расстояние, м				
	Открытые автостоянки и паркинги вместимостью, машино-мест				
	10 и менее	11 - 50	51 - 100	101 - 300	свыше 300
Фасады жилых домов и торцы с окнами	10	15	25	35	50

Торцы жилых домов без окон	10	10	15	25	35
Территории школ, детских учреждений, ПТУ, техникумов, площадок для отдыха, игр и спорта, детских	25	50	50	50	50
Территории лечебных учреждений стационарного типа, открытые спортивные сооружения общего пользования, места отдыха населения (сады, скверы, парки)	25	50	по расчетам	по расчетам	по расчетам

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Количество выделяемых в атмосферу загрязняющих веществ автомобилями определяется массовым выбросом газов. По наблюдениям специалистов, наибольший выброс в атмосферу поступает из азота (75-75%), токсичных компонентов (4,5%), канцерогенов (менее 1%), процентная доля кислорода составляет 0,5%, а воды 5%.

Рассмотрим наземную парковку в самом автомобилизированном городе России – Владивостоке [3].

1. В будний день в центре города насчитывается 8000 припаркованных вдоль дорог машин, при этом на платных парковках наличествуют свободные места;

2. Во Владивостоке на 1000 жителей приходится 550 машин – примерно те же цифры в Лос-Анджелесе и Сан-Франциско, а вот в Москве меньше – 300 на 1000 жителей.

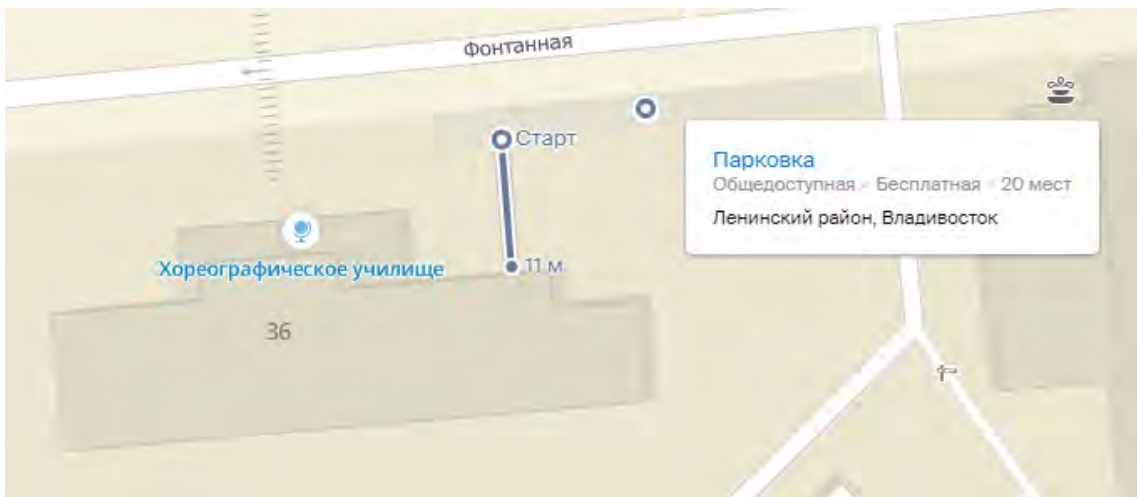
3. При оставлении транспортного средства в нерабочем, неподвижном положении, в предусмотренном для этого безопасном месте, проезжую часть используют около 80 % всех паркующихся автомобилей, частично на проезжей части и тротуаре паркуется – 15 %, полностью на тротуаре 5 %.

4. На магистральной сети средняя плотность парковки легковых автомобилей достигает 390 авт./км, в то время как местная сеть - 280 авт./км.

5. 90 авт./км - средняя плотность парковки легковых автомобилей на тротуарах.

6. Доля автомобилей, которые припаркованы с нарушениями ПДД, составляет 45 % (среднее по городу количество нарушителей – 130 авт./км)

Для анализа скопления машин вдоль дорог был выбран участок в центре г. Владивосток по ул. Фонтанная (рис.1).

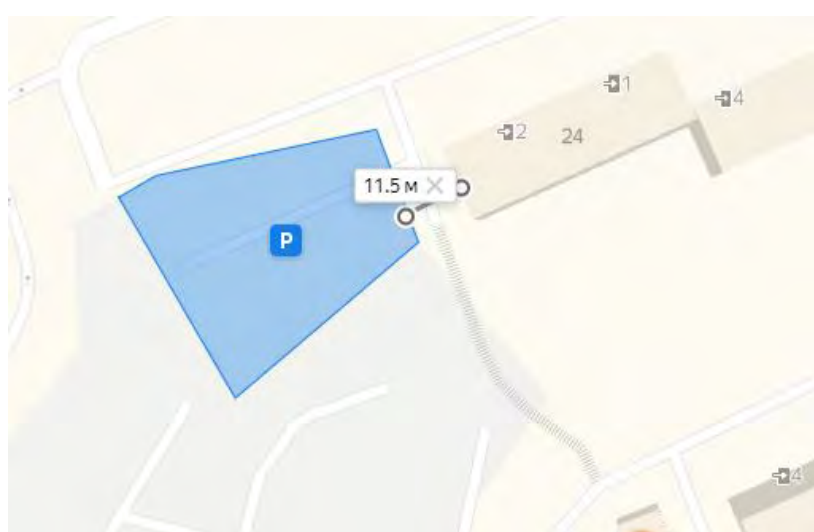


**Рис.1.** Схема парковочных мест г. Владивосток, ул.Фонтанная

Скопление машин осуществляется на специально отведенном, прилегающем к зданию, пространстве. Габариты парковочного места отражены в действующих с 2011 года СНиП 21-02-99. Согласно этому документу параметры стоянки для легкового автомобиля должны быть следующими: ширина 2,5 метра; длина 5,3 метра. При этом ширина разметки (до 0,1 метра) не включается в размеры парковочного места.

На исследуемом участке спроектирована открытая наземная парковка на 20 машиномест. По требованиям СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 расстояние от хореографического училища до парковки должно составлять не менее 50 м, но в представленном случае наблюдаем расстояние в 11 м, что противоречит нормам и правилам.

Рассмотрим на топографической схеме расстояние от парковки до жилого здания по ул.Карбышева,26 (рис.2).



**Рис.2.** Топографическая схема парковочных мест г. Владивостока, ул.Карбышева,26.

На исследуемом участке спроектирована открытая наземная парковка на 46 машиномест. По требованиям СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 расстояние от торца жилых домов без окон до парковки должно составлять не менее 10 м. В представленном случае расстояние составляет 11,5 м, что соответствует нормам и правилам.

## ВЫВОДЫ

Основные проблемы по парковке являются ключевыми в рассмотрении данной проблемы. Но в то же время были разработаны комплексы для размещения наземного транспорта, что значительно снижает накопление транспортных средств. Анализируя результаты исследований, проведенных на улицах городов и мегаполисов, можем сделать вывод, что автомобильный транспорт все еще остается плохо контролируемым источником загрязнения воздуха в регионе. Под влиянием вредного воздействия автомобильного транспорта ухудшается здоровье людей, отравляются почвы и водоемы, страдают флора и фауна.

В целях сведения к минимуму негативного воздействия транспортных средств на атмосферу, водные и земельные ресурсы, литосферу, воздушный бассейн и людей были разработаны и приняты меры по улучшению состояния окружающей среды. Это переход к экологическому классу автомобилей Евро-4 и Евро-5, ограничения на въезд грузовиков в крупные города, снижение выбросов парниковых газов от автотранспорта, совершенствование новых систем управления транспортом, а также соблюдение норм размещения парковочных мест.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Официальный сайт администрации города Владивосток <https://www.vl.ru/pravovoe-upravlenie-administracii-g.vladivostoka> (дата обращения 18.12.2019 г.)
2. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Приморскому краю <https://primstat.gks.ru/> (дата обращения 24.12.2019 г.)
3. С.А. Тархов. Региональные различия автомобилизации в России и в мире // Материалы X международной (тринадцатой екатеринбургской) научно-практической конференции 14 - 15 июня 2004 года.
4. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года // <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=477731> (дата обращения 19.12.2019)
5. Богатко С. Логика транспортной логистики // [www.logistics.ru](http://www.logistics.ru). <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=477731>



**СЕКЦИЯ МЕХАНИКИ ГРУНТОВ И ГЕОТЕХНИКИ**

УДК 69.058.4

## **ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕБОРА (ПО ПЕКУ) НА ЩИТОВУЮ ПРОХОДКУ ТОННЕЛЕЙ МЕТРОПОЛИТЕНОВ**

**Бехтев И.К.**

студент 2 курса магистратуры 14 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научные консультанты: Манько А.В.**

канд. техн. наук, доц., доцент кафедры МГиГ НИУ МГСУ

**Аннотация.**

**Предмет исследования:** Роль коэффициента перебора грунта в расчетах тоннелей, сооружаемых щитовым способом. **Цель исследования:** оценка актуальности метода Пека для расчетов осадков, вызываемых щитовой проходкой тоннелей. **Материалы и методы:** анализ и обобщение современных научных данных о влиянии коэффициента перебора грунта на щитовую проходку. **Результаты исследования.** Рассмотрена зависимость осадков дневной поверхности от величины перебора грунта. Рассмотрены факторы, влияющие на коэффициент перебора, и его составляющие. Рассмотрен эмпирический метод репрезентации кривой осадки Пека Р.Б. (1969) для транспортных тоннелей с учетом коэффициента перебора, а также его современная модификация Тупикова М.М (2010) для коммуникационных тоннелей мелкого заложения. **Выводы исследования.** Подчеркнута неисчерпанность вопроса о методах безосадочного строительства тоннелей, что связано с уникальными исходными данными для каждой конкретной задачи.

**Ключевые слова:** коэффициент перебора; кривая осадок; щитовая проходка; тоннель; геотехнология; грунт.

**ВВЕДЕНИЕ**

В связи с расширением административных границ столицы назрела необходимость в комплексном совершенствовании присоединенных территорий, именуемых «Новой Москвой». В 2010 году был издан закон «О Генеральном плане города Москвы», предусматривающий, помимо всего прочего, создание новых транспортных коммуникаций и продление существующих. Одной из главных задач по изменению облика столицы стало строительство Большой кольцевой линии (БКЛ). Актуальный план развития метро составлен по 2023 год.

В то время как большинство станций БКЛ возводят открытым способом, новые тоннели прокладывают без вскрытия дневной поверхности и на сравнительно небольшой глубине, из-за чего строителям зачастую приходится работать в водонасыщенных грунтах. Для того, чтобы минимизировать влияние тоннельной проходки на просадку земной поверхности, разработку забоя зачастую ведут щитовым способом, с применением специальных тоннелепроходческих механизированных комплексов (сокращенно «ТПМК» или «ТПМ» – «тоннелепроходческих машин»). Такой способ особенно подходит для работ в неблагоприятных инженерно-геологических условиях.

Поскольку строительство новых тоннелей ведется на небольшой глубине, вопрос об их влиянии на окружающую застройку стоит наиболее остро. Сегодня существуют разные способы щитовой проходки, но ни один из них не способен полностью исключить просадку земной поверхности. Просадка происходит под воздействием различных факторов, одним из которых является перебор грунта. Из-за технологического зазора между щитом ТПМК и горной породы, образующегося в результате перебора грунта, грунтовый массив над тоннелем временно лишается опоры до заполнения просвета тампонажным раствором.

К сожалению, на момент расчета тоннелей проектировщики не всегда располагают объективными данными об инженерно-геологических условиях строительной площадки. Из-за этого зачастую приходится постфактум вносить корректировки в проект и делать перерасчеты. Выявление несоответствий между проектом и натурной моделью является задачей верификации.

## **ПЕРЕБОР ГРУНТА И ОСАДКА ДНЕВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

В процессе разработки грунта посредством ТПМК между обделкой и контуром выработки образуется кольцевой зазор [1]. Условно кольцевой зазор можно разделить на несколько промежутков (рис. 2):

- рулевой зазор, сформированный вследствие перебора грунта  $V_1$  и конусообразности щита. В неустойчивых породах кольцевой зазор может заполняться грунтом.
- хвостовой просвет, включающий в себя толщину щита и толщину колец щеточных уплотнителей.

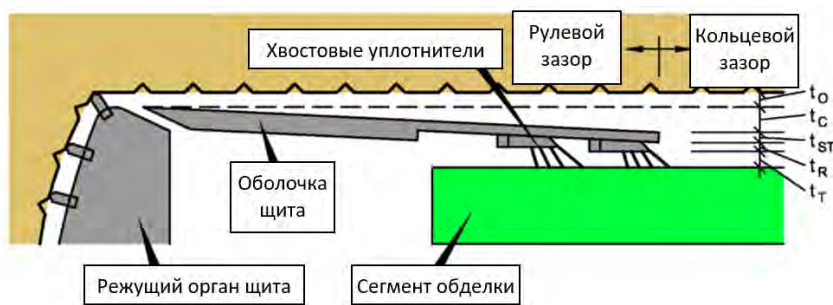


Рис. 2. Составляющие просвета между обделкой и грунтом [1].

$t_0$  – перебор грунта,  $t_c$  – зазор от сужения щита к хвосту;  $t_{st}$  – толщина щита;  $t_R$  – толщина колец уплотнителей;  $t_t$  – хвостовой просвет.

Основные факторы, влияющие на величину перебора грунта, и рекомендации:

- Тип щитового ТПМК по способу крепления лба забоя. Наименьшую величину перебора грунта дает использование ТПМК с креплением лба забоя грунто- и пенопригрузом [2].
- Скорость и время нагнетания тампонажного раствора за обделку. Данные величины подбираются индивидуально для каждого проекта.
- Скорость проходки. Меньшая скорость дает меньшие значения перебора грунта [3, 4].
- Разрыхленность горного массива. Чем меньше изначально нарушена структура горного массива, тем меньше перебор грунта [Херренкнехт].
- Уклон тоннеля и уклон щита. Так, в статье [3] для минимализации перебора грунта рекомендуется избегать совпадения оси щита с осью тоннеля.
- Наклон ротора. Нижний свёрхсрез за счет наклона ротора позволяет снизить осадку в 2 раза и перебор грунта соответственно в 2 раза [3, 4].
- Давление пригруза. Его значение должно подбираться таким образом, чтобы располагаться между величинами пассивного отпора грунта и активного давления ротора.
- Относительная глубина заложения тоннеля. С увеличением глубины проходки перебор грунта уменьшается [5].
- Квалификация строителей [6].

Перебор грунта  $V_l$  влечет за собой осадку поверхности. В результате просадки образуется мутьда оседания [2, 7] – вогнутый участок земной поверхности, чьи границы определяют зону влияния выработки (рис. 3). Одной из косвенных характеристик влияния осадки на окружающую застройку при этом является уклон впадины, который не должен превышать 1:5000 для деформируемых конструкций и 1:1000 для жестких конструкций [2].

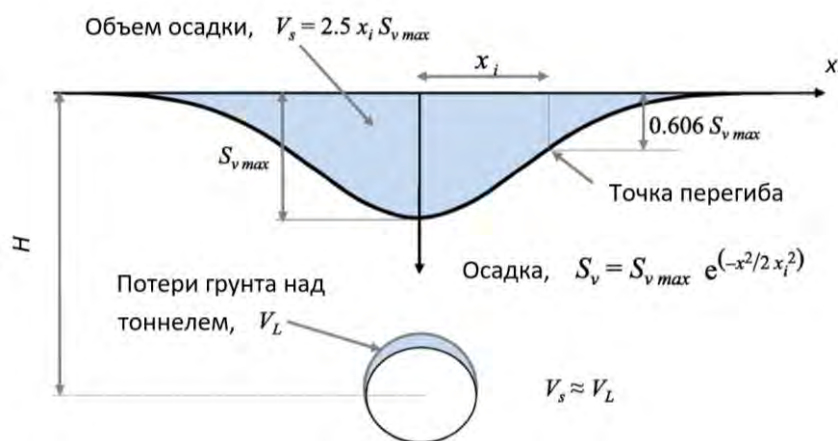


Рис. 3. Мульда оседания [7].

Зачастую перебор грунта рассматривают как сумму нескольких составляющих [8, 9, 2, 10, 11]. Так, например, ссылаясь на работу Atwell Р.В. [12], Шарафутдинов Р.Ф. выделяет [11] переборы грунта:

- перед забоем ( $V_f$ ), как результат грунтоотбора;
- над щитом ( $V_s$ ), как результат совокупности превышения диаметром ротора ТПМК диаметра щита, просадки ТПМК при проходке в глинистых грунтах, а также деформаций щита;
- за щитом ( $V_l$ ), как результат совокупности перебора грунта до и после тампонирувания при установленной обделке.

В общем случае коэффициента перебора можно охарактеризовать как процентное отношение площади профиля мульды сдвижения  $\Delta F$  к площади сечения вырытого тоннеля  $F_A$ :

$$V_l = \frac{\Delta F}{F_A} \cdot 100\% \quad (1).$$

Основоположником эмпирического метода репрезентации осадки дневной поверхности над одиночным тоннелем принято считать американского доктора наук Р.Б. Пека [6], который в 1969 году применил для построения кривой мульды оседания функцию ошибок вида:

$$S(x) = S_{max} \cdot e^{-\frac{x^2}{2i_x^2}} \quad (2),$$

где  $S_{max}$  – это максимальная осадка поверхности;

$i_x$  – расстояние от вертикальной оси тоннеля до точки перегиба кривой оседания;

$x$  – расстояние от оси тоннеля до любой точки, в которой надо определить просадку.

Предположив, что объем излишков грунта, удаленных из выработки, составляет величину осадки, Пек Р.Б. принял величину перебора грунта  $V_l$  как некий процент от объема вырытого тоннеля. Используя её в качестве коэффициента, Пек получал возможность определить  $S_{max}$  из уравнения типа:

$$S_{max} = \frac{\pi V_l}{2,5 i_x} \cdot \frac{D^2}{4} \quad (3),$$

где  $D$  – диаметр тоннеля.

В 1982 O'Reilly и New в своей научной работе [10] (информация на основе источников [14] и [11]) применили следующую формулу для нахождения параметра  $i$ :

$$i_x = Kz \quad (4),$$

где  $z$  – расстояние от точки перегиба кривой деформаций до оси тоннеля;

$K$  – коэффициент ширины впадины, эмпирическая константа, выбираемая в зависимости от типа почвы ( $K = 0,2..0,3$  для сыпучих грунтов;  $K = 0,4..0,5$  - для твердых глин;  $K = 0,7$  - для мягкопластичных и текучепластичных глин).

В той же работе O'Reilly и New представили график (рис. 4) зависимости параметра  $i$  от глубины заложения тоннеля (информация из источника [15]):

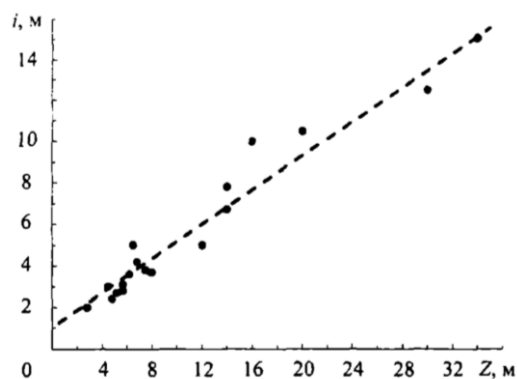


Рис. 4. Зависимость между расстоянием до точки перегиба  $i$  и расстоянием от поверхности земли до центра тоннеля  $Z$  [13].

В свою очередь, данная зависимость описывается двумя функциями [2], [15]:

- для связных пород – как  $i = 0,43 Z + 1,1$ ;

- для несвязных пород – как  $i = 0,28 Z - 0,1$ ;

Как правило, для практических расчетов параметр  $i_x$  принимают равным  $i_y$ , за редкими исключениями.

Используя несколько экспериментальных площадок с различными грунтовыми условиями и щитовыми ТПМК, Пек Р.Б. построил графики зависимости ширины кривых оседания от относительной глубины заложения тоннеля  $z/2R = \chi$ , где  $z$  – расстояние от свода выработки до уровня земной поверхности, а  $R$  – радиус тоннеля.



Рис. 5. Графики зависимости ширины осадки от относительной глубины заложения тоннеля для разных грунтовых условий [6].

Проанализировав данный график, можно сделать вывод, что чем хуже грунтовые условия, тем шире область просадки при одном и том же соотношении  $z/2R$ .

В дальнейшем метод оценки кривой осадки Пека Р.Б. получил развитие во множестве работ его последователей, таких как *Attewell P.B.* и *Woodman J.P.* [9], *O'Reilly* и *New* [13] и др.

Тупиков М.М. [5] в 2010 году произвел верификацию формулы (2) метода Пека применительно к коммуникационным тоннелям мелкого заложения.

Имея натурные данные по 5 подземным тоннелям диаметром до 4 м, для каждого из них он выделил несколько поперечных сечений с разными глубинами заложения (от 4 до 8 м) и соответствующими уникальными коэффициентами перебора  $V_i$ . Тупиковым по этим данным модели коллекторов были воссозданы в исследовательской программе *Plaxis*. Сравнение расчетных графиков формирования мульды осадок с соответствующими им натурными показало минимальные расхождения, которыми в дальнейших исследованиях можно было пренебречь.

Затем Тупиков М.М. так же построил график формирования мульды осадок, используя функцию ошибок (2). Сравнение с предыдущими графиками показало несходимость в 20-80%. Тогда методом наименьших квадратов Тупиков М.М. вывел для формулы (2) поправочные коэффициенты:

$$C_1 = 1,525 - 1,147\left(\frac{H}{D}\right) + 0,353\left(\frac{H}{D}\right)^2 \quad (5),$$

$$C_1 = 1,23 - 0,871\left(\frac{H}{D}\right) + 0,212\left(\frac{H}{D}\right)^2 \quad (6).$$

С их учетом формулу (2) метода Пека стало возможно записать следующим образом:

$$S(x) = C_1 \cdot \frac{\pi V_l}{2,5i_x} \cdot \frac{D^2}{4} \cdot e^{-\frac{C_2 x^2}{2i_x^2}} \quad (7).$$

Графики, построенные по данному уравнению, показали минимальные отклонения от результатов мониторинга и численного расчета. В итоге данного исследования Тупиков составил таблицу корректирующих коэффициентов для значений относительной глубины заложения 1-2,5, которая приведена в диссертации [16].

## ВЫВОДЫ

Рассмотрев современные данные о щитовой проходке тоннелей, в частности, влиянии коэффициента перебора грунта на её параметры, можно сделать следующие выводы:

1. В условиях слабых грунтов для возведения транспортных тоннелей на небольшой глубине востребованы тоннелепроходческие механизированные комплексы (ТПМК) с щитовой оболочкой.
2. В зависимости от геологической ситуации и параметров щитовой проходки, перебор грунта может различаться. Регулируя параметры щитовой проходки, можно регулировать перебор грунта.
3. Расчетный перебор грунта может сильно отличаться от измеренного в поле.
4. Перебор грунта имеет серьезное значение в условиях городской застройки, поскольку влечет за собой просадку поверхности. Прогноз осадки – основной смысл расчета коэффициента перебора.
5. На расчет осадки существенно влияет диаметр тоннеля и относительная глубина его заложения.
6. Подавляющее большинство источников, исследовавших данный вопрос, являются зарубежными, поэтому предлагаемые ими методы требуют верификации с учетом геологических особенностей застраиваемых территорий нашей страны. К тому же, следует учитывать, что зачастую организация работ на наших объектах не так налажена, как у иностранных коллег, возможны задержки поставок блоков обделки или тампонажного раствора. Это также может приводить к серьезным расхождениям расчетных осадок с наблюдаемыми вживую и требовать корректировок расчета.
7. Какой-либо универсальной методики проектирования тоннелей с учетом коэффициента перебора грунта до сих пор не разработано, и на данную тему ведутся многочисленные исследования, в том числе с помощью компьютерных программ. К их числу относится программное обеспечение *Plaxis*, предназначенное для аналитической работы с численными моделями на базе готовых проектных решений.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Stability Analysis and Design for Mechanized Tunneling / Witke W. [and others]. Monograph. – Aachen: 2007. – 567 p.
2. Mechanised Shield Tunneling / Maidl В. [and others]. Monograph. – Berlin: Ernest & Sohn, 2012. – 470 p.
3. Мазеин С.В., Павленко А.М. Влияние текущих параметров щитовой проходки на осадку поверхности // Горный информационно-аналитический бюллетень: материал семинара №15 – 2007. – №5. – С. 133-138.
4. Мазеин С.В. Разработка математических моделей для прогнозных осадок дневной поверхности по данным контроля грунта и технологических показателей ТПМК // Горный информационно-аналитический бюллетень: материал семинара №2 симпозиума «Неделя горняка-2008. – 2009. – №2. – С. 98-109.
5. Тупиков М.М.. Особенности деформирования грунтового массива и сооружений при строительстве мелкозаглубленных коммуникационных тоннелей в городских условиях: дис. ...канд. техн. наук. М., 2010. – 184 с.
6. Peck R.B. Deep excavations and tunneling in soft ground. State of the art report // Proceedings of the 7th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. – Mexico, 1969. – P. 225-290.
7. Ahmed M., Iskander M. Analysis of Tunneling-Induced Ground Movements Using Transparent Soil Models // Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. – 2011.
8. Vu M.N., Broere W., Bosch J. Volume loss in shallow tunneling // Tunneling and Underground Space Technology. – 2016. – №59 – P.77-90.
9. Chakeri H., Unver Ü. A new equation for estimating the maximum surface settlement above tunnels excavated in soft ground // Environmental Earth Sciences. – 2014. – №71 – P. 3195-3210.
10. Ishak N.A, Abdullah R.A. – Review of volume loss with respect to the tunnel construction techniques, soil properties and geometrical condition //Conference Paper– 2016. – P. 565-579.
11. Шарафутдинов, Р.Ф. Совершенствование методов прогноза деформаций земной поверхности при щитовой проходке тоннелей для подземных коммуникаций: дис. ...канд. техн. наук. М., 2013. – 165 с.
12. Attewel, P.B., Soil Movements Inducted by Tunneling and their Effects on Pipelines and Structure / P.B. Attewel, J. Yeates, A.R. Selby. - NY.: Glasgow and London Published in the USA by Chapman and Hall, 1986.

13. O'Reilly, M.P. and New, B.M. Settlements above tunnels in the United Kingdom – their magnitude and prediction // Proceedings of Tunnelling 82. – London: Institution of mining and metallurgy, 1982. – P. 173-181.
14. Silvertown Tunnel: Settlement Assessment Report. – London: Transport for London, 2016. – P. 66.
15. Карасев М.А. Анализ причин деформации земной поверхности и характер формирования мульды оседания, вызванной строительством транспортных тоннелей // Записки горного института. – 2011. – С. 163 – 171.

УДК 624.19

**АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ТОННЕЛЬНОЙ ОБДЕЛКИ ВСЛЕДСТВИЕ  
ОТКЛОНЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ БЛОКОВ В КОЛЬЦЕ ОТ  
ПРОЕКТНОГО**

**Денисова Д.А.**

Студентка 4 курса 11 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научные консультанты: М.Г. Зерцалов**

Д.т.н., профессор кафедры МГиГ НИУ МГСУ

**Аннотация**

В условиях плотной городской застройки для строительства тоннелей различного назначения используют тоннеле проходческий механизированный комплекс (далее “ТПМК”), принцип работы которого: разработка грунта – установка тоннельной обделки. На стадии проектирования рассчитывается напряженно деформированное состояние (далее “НДС”) обделки тоннеля без учета отклонения фактического положения кольца от проектного, связанного с различными факторами. Предметом исследования данной работы является обделка реально существующего тоннеля Московского метрополитена в проектном и фактическом положении. Цель работы заключается в сравнении НДС рассматриваемой в вышеперечисленных положениях обделки. Сравнительный анализ производится на основе полученных коэффициентов запаса по прочности блоков обделки, рассчитанных по первой группе предельных состояний по данным геотехнических расчетов, проведенных в ПК Z\_Soil 2D. В результате исследования было установлено, что при высоких значениях отклонения фактического положения кольца обделки от проектного, возможно разрушение, тогда как в проектном положении, при таких же условиях – потери прочности не наблюдается. Во избежание возможных разрушений предложено ввести на стадии проектирования поправочный коэффициент, учитывающий факторы, влияющие на отклонение положения обделки тоннеля.

**ВВЕДЕНИЕ**

Подземное строительство, осуществляемое с помощью щитовых машин с активным пригрузом, наиболее распространено в последнее время. Проектируемая для данного типа строительства обделка рассчитывается из условия прочности, по первой группе предельных состояний, учитывая условия строительства и коэффициенты ответственности сооружения.

После проходки ТПМК осуществляется маркшейдерская съемка, фиксируется фактическое положение блоков обделки, результаты представляются в табличном виде.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

По результатам натуральных наблюдений существующего тоннеля Московского метрополитена с железобетонной обделкой диаметром 6м было установлено, что каждое кольцо обделки испытывает деформации. Причин несколько: человеческий фактор, возможность сбоя работы ТПМК, недостаточно изученная геологическая среда.

В рамках данной работы, на основе реальных данных было установлено следующее: отклонение фактического положения блоков обделки от проектного изменяется в пределах от -100мм до +100мм (сжатие или растяжение кольца в диаметре на 100 мм с обеих сторон от оси). Также были выявлены четыре характерные формы деформации обделки: вертикальная эллиптическая форма, горизонтальная эллиптическая форма, форма с вогнутым горизонтальным диаметром, форма с вогнутым сводом и лотком.

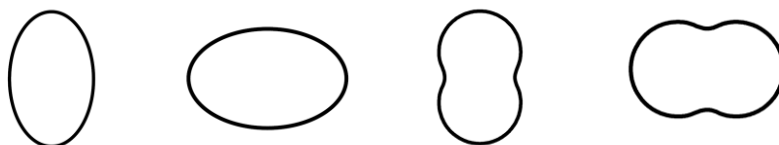


Рис.1. Формы деформаций конструкций тоннельной обделки

Для сравнения НДС обделки в четырех вышеперечисленных случаях фактического положения и проектного были проведены геотехнические расчеты в ПК Z\_Soil 2D. Заданы постоянные условия: однородный грунт (песок и глина с усредненными значениями физико-механических свойств) и значения деформаций (максимально возможное – 100 мм, среднее – 50 мм).

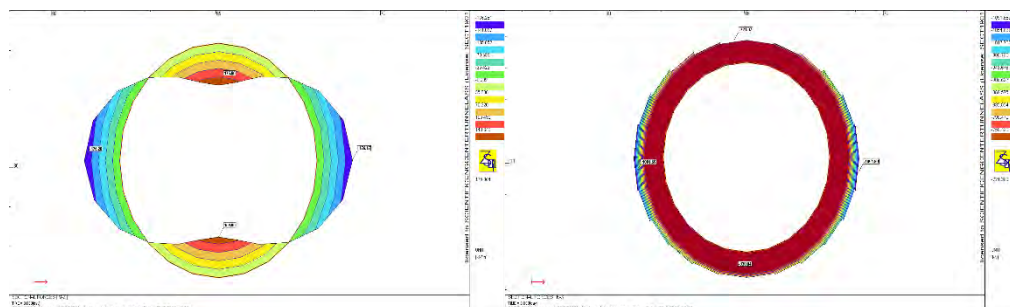


Рис.2. Эпюры изгибающих моментов и продольных усилий обделки в проектном положении.

Обделка была рассчитана в проектном положении в глине и песке. Также были рассчитаны шестнадцать возможных сочетаний формы деформации, грунта и значения деформаций.

В результате, по полученным значениям изгибающих моментов и продольных усилий в шельге свода, горизонтальном диаметре и лотке, из расчета по первой группе предельных состояний были найдены коэффициенты запаса по прочности.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

После анализа данных выявлено следующее: в трех сочетаниях в фактическом положении обделки не выполняется условие прочности, тогда как в проектном, в этих сочетаниях, значения коэффициентов запаса по прочности удовлетворяют требованиям.

Таблица. 1. Наиболее опасные сочетания

Форма деформации	К.З. по прочности при фактическом положении	К.З. по прочности при проектном положении
Горизонтальная эллиптическая форма, горизонтальный диаметр (100 мм, песок)	0,927	1,124
Форма деформации с вогнутым сводом и лотком, свод (100 мм, песок);	0,979	0,129
Форма деформации с вогнутым сводом и лотком, лоток (100 мм, песок);	0,997	1,164

## ВЫВОДЫ

Для того, чтобы исключить возможность разрушения при предельных отклонениях фактического положения кольца обделки тоннеля от проектного, связанного с различными факторами, которые на стадии проектирования не учитываются - необходимо ввести поправочный коэффициент. В данной работе его следует принять по наименьшему получившемуся значению коэффициента запаса прочности:  $K.З. = 0,927$ , следовательно

$$K_{\text{попр}} = 7,3\% \approx 10\% \text{ (не исключая возможность ухудшения условий).}$$

Так как данный коэффициент принимается для наихудшей ситуации, условия которой могут быть и не выполнены (отклонения фактического положения не достигают предельных

значений), его учет в некоторых случаях может привести к перерасходу материала, но главной задачей инженера является безопасность, а для её обеспечения использование поправочного коэффициента необходимо.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перевод с английского с дополнениями и комментариями В.Е. Меркина, В.П. Самойлова. Руководство по проектированию и строительству тоннелей щитовым методом.
2. СП 120.13330.2012. Метрополитены.
3. СП 63.13330.2016. Бетонные и Железобетонные конструкции. Основные положения.
4. Фугенфиров А.А. Строительство транспортных тоннелей: Учебное пособие для вузов. – 3-е изд., стереотипное – Омск: СибАДИ, 2007. – 298 с.
5. Баловцев С.В., Шевчук Р.В. Обеспечение геомеханической безопасности при строительстве и эксплуатации подземных сооружений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Строительство и архитектура. – 2017. – №6. – С.213-219.
6. Маковский Л.В., Кравченко В.В., Сула Н.А. Строительство городских автотранспортных тоннелей в сложных условиях: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2019. – 276 с.
7. Маковский Л.В., Чеботарев С.В., Сула Н.А. Автотранспортные тоннели в крупных городах и мегаполисах . – М.: Информационно-издательский центр ТМИР, 2004.
8. Меркин В.Е., Зерцалов М.Г., Петрова Е.Н. Подземные сооружения транспортного назначения. – Вологда.: Инфра-Инженерия, 2020. – 432 с.
9. Картозия Б.А. Освоение подземного пространства крупных городов. Новые тенденции// Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Строительство и архитектура. – 2015. – №1. – С.615-630.
10. Фугенфиров А.А. Строительство транспортных тоннелей: Учебное пособие для вузов. – 3-е изд., стереотипное – Омск: СибАДИ, 2007. – 298 с.
11. Баловцев С.В., Шевчук Р.В. Обеспечение геомеханической безопасности при строительстве и эксплуатации подземных сооружений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Строительство и архитектура. – 2017. – №6. – С.213-219.

## **НАЗНАЧЕНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ ЗАЛОЖЕНИЯ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ С УЧЕТОМ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

**Арнаутова А.А.<sup>1</sup>, Заводова А.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Студентка 4 курса 4 группы ИСА НИУ МГСУ

<sup>2</sup> Студентка 4 курса 11 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный консультант: М. В. Рабинович,**

к.т.н., доцент кафедры МГиГ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Предметом данного исследования является положение верхней границы многолетнемерзлого грунта при воздействии аварийных утечек. Цель исследования - изучение результатов влияния утечек на несущую способность многолетнемерзлого грунта на примере города Якутска, и, как следствие, определение минимальной глубины заложения свайного фундамента. Расчеты выполнены с использованием программного комплекса Frost 3D, позволяющего получать научно-обоснованные численные прогнозы тепловых режимов грунта. Результаты исследования представлены в виде визуализированных тепловых полей и графических зависимостей изменения температуры от координаты.

**Ключевые слова:** многолетнемерзлые грунты, аварийные утечки, температурное поле, инженерные коммуникации.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Важнейшей задачей является прогноз трехмерного температурного поля многолетнемерзлых грунтов [1]. Это необходимо для оценки изменений физических и механических свойств основания здания, выбора типа и параметров фундаментов. Фактор воздействия тепла оказывает существенное влияние на устойчивость и надежность здания или сооружения, что, в свою очередь влияет на безопасность эксплуатации в условиях вечной мерзлоты и экономическую составляющую [2,4,5,6]

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В результате сформулирована и решена задача прогноза температурного режима основания здания на 3 месяца при воздействии тепла от заглубленного коллектора, поверхностных инженерных коммуникаций и кратковременных (и временных) локальных и линейных утечек.

1. В первой задаче принимаем, что утечка (температурный штамп) [3] располагается под коллектором.

По графикам распределения температур видно, что положение верхней границы ММГ под зданием не изменилось. Из этого следует вывод, что утечки под коллектором не влияют на глубину заложения свайного фундамента.

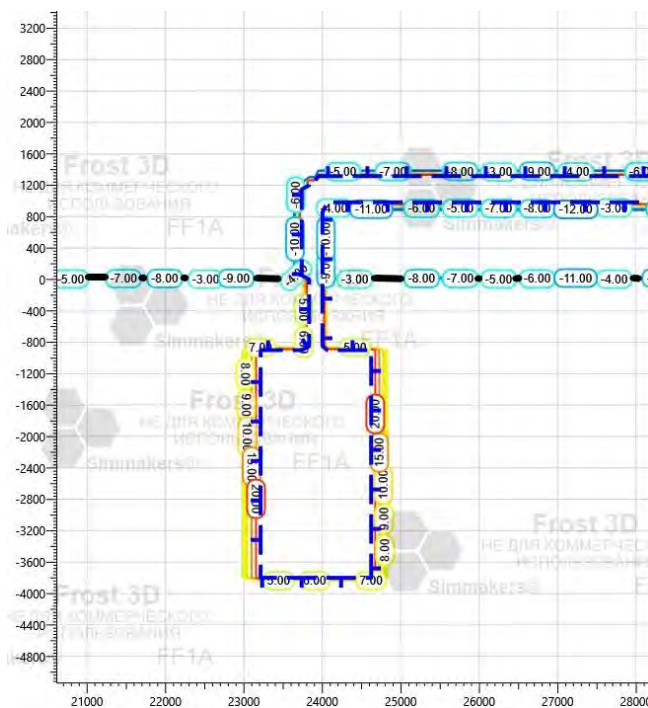


Рис. 1. Температурное распределение на 16.03.2019 0:00:00, разрез

2. Во второй задаче рассматриваем утечки под трубопроводом и частью здания.

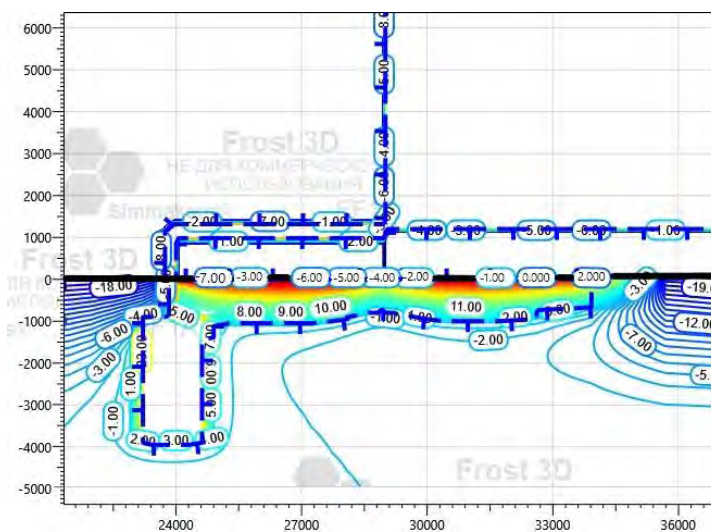


Рис. 2. Температурное распределение на 16.03.2019 0:00:00, разрез



Полученные данные численного расчета показывают, что даже учет однократной аварийной утечки приводит к дополнительному растеплению грунтов основания на глубину 1 метр.

3. В третьей задаче рассматривается местоположение утечек под коллектором, трубопроводом и частью здания.

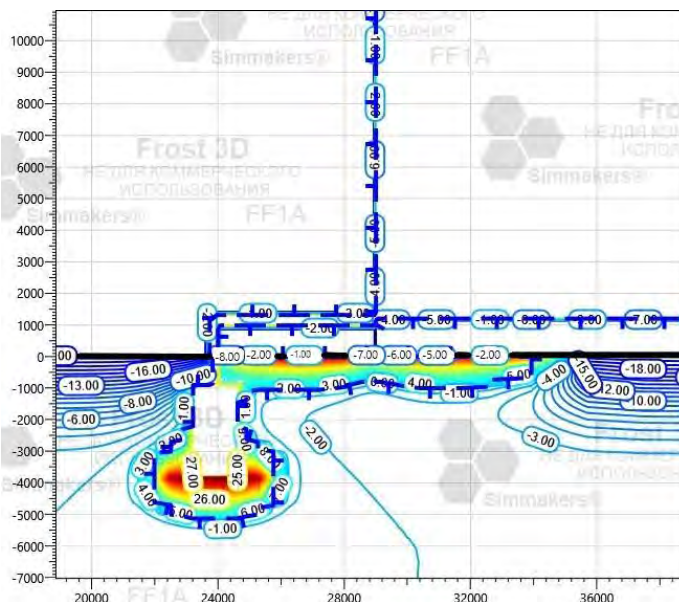


Рис. 3. Температурное распределение на 16.03.2019 0:00:00, разрез

Проанализировав расположение верхней границы ММГ, можно сделать вывод что в этой задаче положение верхней границы ММГ под зданием не изменилось. Следовательно, утечки под коллектором, находящимся на удалении 6 м от здания не влияют на глубину заложения свайного фундамента.

Для обеспечения повышенного уровня температурной безопасности зданий и сооружений и их долгосрочной и гарантированной безаварийной эксплуатации, следует использовать саморегулирующие охлаждающие установки (СОУ) в качестве обязательного конструктивного элемента в составе фундамента.

## ВЫВОДЫ

Как показали расчеты, на положение верхней границы многолетнемерзлых грунтов, оказывает влияние тепловое воздействие аварийных утечек, следовательно, необходимо пересмотреть либо принцип назначения глубины минимального заложения, либо его параметров. Для разработки нового подхода требуется немало времени, на первом этапе было бы целесообразно назначать минимальную глубину заложения в мерзлый грунт на 0,5 метров больше чем это предусмотрено в СП сейчас.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 25.13330-2016 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах»
2. Кроник Я.А. Безопасность оснований и фундаментов зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах // ОФМГ, 2017, №3. С. 36-39
3. Кроник Я.А., Рабинович М.В. Расчет термонапряженно-деформированного состояния многолетнемерзлых и оттаивающих оснований зданий при аварийных утечках из коммуникаций. // ОФМГ, 2019, №2. С. 27-30.
4. Орлов Е.В., Комаров А.С., Мельников Ф.А., Серов А.Е. Утечки в трубопроводах систем внутреннего водоснабжения // Вестник МГСУ. 2015. №3. С. 40-47.
5. Сыромятников И.И., Дорофеев И.В. Особенности динамики температуры грунтов на территории Якутска // Наука и образование. – 2014. – №4. - С.42-45.
6. Набережный А.Д., Кузьмин Г.П., Посельский Ф.Ф. Анализ причин снижения несущей способности оснований и фундаментов в геокриологических условиях Якутии // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. - №8. – С.64-69.

## **ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ НЕБОСКРЕБА «ЛАХТА-ЦЕНТР»**

**Кириченко М. О.**

Студент 3 курса 17 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный консультант: Никитина Н. С.**

К.т.н., доцент кафедры МГиГ НИУ МГСУ

**Аннотация:** В статье рассматриваются конструкции подземной части административного здания многофункционального комплекса «Лахта-Центр». Высота этой спирально закрученной на 89 градусов пятиугольной башни со шпилем составляет 462 м, общая масса – 670 тыс. т, количество этажей – 87. Верхний этаж небоскреба находится на отметке 372 м.

**Ключевые слова:** «Лахта-Центр»; высотное здание; слабые грунты; буронабивная свая; коробчатый фундамент; железобетонное ядро.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Строительству комплекса предшествовали обширные инженерные изыскания, начатые в 2011 году. При этом выполнялись следующие исследования: геологические, геотехнические, геодезические, геофизические (в том числе по сейсмомикрорайонированию), гидрометеорологические (в том числе физическое и виртуальное моделирование воздействий аэродинамических, температурных и других климатических факторов), гидрогеологические, экологические, археологические и историко-культурные. Были изучены все подземные и надземные особенности площадки будущего строительства. Стоит отметить, что такого объема изысканий, как при строительстве «Лахта Центра», в силу сложности проекта, грунтовых и климатических условий в России ранее не проводилось [1]. По итогам исследований был составлен проект, в рамках которого было решено создать подземное сооружение, размер которого можно сравнить с 25-этажным домом. Нулевой цикл строительства высотного здания состоял из следующих частей: установка «стены в грунте», устройство свайного поля, организация котлована под фундамент с устройством распорной дисковой системы, возведение коробчатого типа фундамента. Анализ результатов инженерных изысканий и предложенных на их основе проектов фундаментов и надфундаментных частей объектов «Лахта-Центра» подтвердил их надежность (чтобы

убедиться в этом, было проведено 16 различных видов исследований). В целом, проект интересен с точки зрения уникальных инженерно-технических решений, которые могут быть применены в дальнейшем при строительстве высотных зданий и сооружений.

Первые проблемы при строительстве таких высотных зданий, как «Лахта-Центр», возникают во время инженерно-геологических изысканий из-за большой глубины изысканий и высокого уровня нагрузок. Изыскатели сталкиваются со слабой изученностью нижних слоев активной зоны. Архивные материалы по инженерно-геологическим изысканиям, как правило, ограничиваются глубинами до 40 м, в то время как при высотном строительстве глубина активной зоны достигает 100 м и более. Кроме того, нормативные документы, учитывающие особенности изысканий под высотное строительство, либо отсутствуют, либо находятся в стадии разработки.

Подчеркивая практическую значимость темы, необходимо отметить, что в ходе инженерно-геологических изысканий под высотное строительство выявился ряд недостатков существующих методов и нормативной базы в отношении исследований глубоко залегающих грунтов (поскольку действующие российские нормы установлены для значительно меньших глубин и давлений). Был специально разработан и использован ряд нестандартных методов испытаний грунтов. В связи с этим пришлось разрабатывать и соответствующие специальные нормативные документы, в том числе технические указания на проведение отдельных видов работ, включенные в специальные технические условия, необходимые для представления результатов в Госэкспертизу. Это позволило выдвинуть ценные предложения по корректировке существующих и созданию новых нормативных документов по изысканиям [2].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Под зданием башни общественно-делового комплекса использовано свайное поле из 264 буронабивных свай диаметром в 2 м. Максимальная высота каркаса сваи –  $65 + 17 = 82$  метра (17 метров монтажная секция). На заливку одной сваи необходимо около 100 кубометров бетона марок Б60 и Б80.

При откопке котлована под фундамент небоскреба была принята экономичная надежная инновационная распорная дисковая система, позволяющая одновременно выполнять и подземные строительные работы для соседнего многофункционального здания.

При строительстве нижней плиты коробчатого фундамента было использовано 1500 км арматуры – это 2 расстояния от Санкт-Петербурга до Москвы. Бетоносмесители совершили 2540 выездов с 13 заводов Санкт-Петербурга. В среднем на строительную площадку заезжал

один бетоновоз в минуту. Скорость заливки – более 400 кубометров в час. На площадке непрерывно работало 18 бетононасосов. Для проверки монолитности и однородности бетона в плите размещены 330 датчиков. В марте 2015 года бетонирование нижней плиты коробчатого фундамента башни «Лахта центра» было внесено в Книгу Рекордов Гиннеса как самая большая непрерывная заливка бетона в мире. За 49 часов без остановки было залито 19 624 кубометра бетона.

Таким образом, актуальность темы строительства «Лахта-Центра» сложно переоценить, так как количество инновационных решений и объем научно-технического сопровождения проекта на всех его стадиях был беспрецедентен для российского строительства, а полученный опыт полезен для мировой практики.

При инженерно-геологических изысканиях было пробурено более 200 скважин глубиной до 150 м, чтобы захватить всю сжимаемую толщу грунта под фундаментами, особенно глубоко простирающуюся под башней комплекса. Скважины создавались по самой плотной сетке (в среднем 20 м x 20 м), которая применяется только для уникальных зданий.

Выяснилось, что на площадке строительства залегают следующие слои грунта [3] (рис. 1):

- переслаивающиеся слабые слои ленточных глин, супеси и песка (ИГЭ 1–4);
- морена (ИГЭ 5,6);
- вендские глины (ИГЭ 7–9);
- песчаник с прослойками алевролитов и аргиллитов (ИГЭ 10).

Ввиду того, что верхние слои грунта имели низкие модули деформаций и прочность, было решено создать для фундаментов свайное основание, оперев сваи на вендские глины, залегающие начиная с глубины около 25 м. Их возраст составляет 680-570 млн. лет, что относит их к одним из самых древних отложений планеты. Фактически, по числу пластичности их следует относить не к глинам, а к суглинкам, представленным в основном твердой консистенцией.

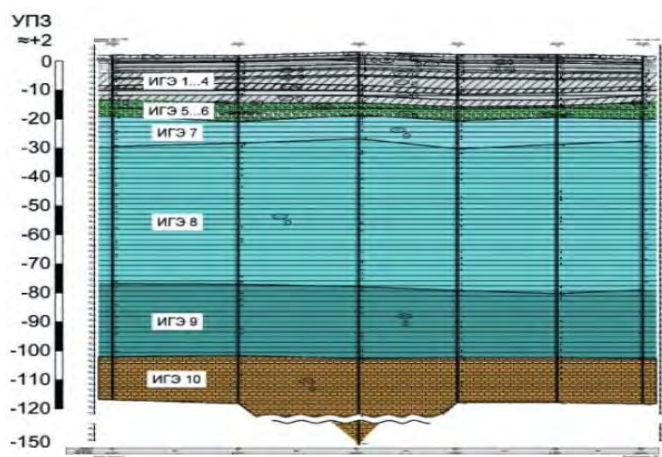


Рис. 1. Схема расположения слоёв грунта на площадке строительства

Определение наиболее важных механических характеристик грунтов производилось параллельно сразу несколькими методами. Так, например, получение деформационных характеристик осуществлялось по результатам штамповых и прессиометрических испытаний, статического зондирования, лабораторных трехосных и компрессионных испытаний.

Кроме этого, одни и те же виды испытаний производились параллельно сразу в нескольких различных лабораториях, что обеспечивало перекрестный контроль за полученными результатами.

По результатам геологических и геофизических исследований было выявлено, что слои грунтового основания будущего комплекса залегают относительно горизонтально, без больших перепадов по глубине.

Об использованных методах исследований грунтов, оборудовании, нормативной базе и об эффективности научно-технического сопровождения при инженерно-геологических и геотехнических изысканиях для строительства «Лахта-Центра» подробно рассказывается в статье А.Н. Труфанова [2].

При возведении «Лахта-Центра» перекрытия и колонны были спроектированы композитными – из металла и бетона в соотношении 60:40%. Применение такой технологии позволило соединять металлические балки с плитами при помощи приваренных анкеров. Это обеспечивает то, что балка изгибается совместно с плитой, благодаря чему высота этажа и количество используемого металла уменьшились, а эффективность сечения – увеличилась. Технология применения композитных материалов позволила сократить срок возведения и стоимость работ. Дополнительными преимуществами композитных материалов, сочетающих в себе преимущества как бетона, так и металла, являются технологичность при возведении сооружения, устойчивость к пожарной нагрузке и др.

Система геомониторинга включает в себя 2619 датчиков. 95 датчиков выполняют измерения вертикальных перемещений массива грунта, 40 датчиков измеряют поровое давление в грунте, 336 датчиков проводят измерения деформации в стволе сваи. 10 датчиков определяют давление под подошвой коробчатого фундамента, и ещё 2136 проводят измерения усилий в коробчатом фундаменте.

Коробчатый фундамент небоскреба состоит из трех плотно армированных плит, огражденных «стеной в грунте» в виде правильного пятиугольника (пентагона), которая доведена до твердых недислоцированных кембрийских глин.

Пространство между тремя плитами коробчатого фундамента образуют подземные этажи, в центре которых расположено железобетонное ядро небоскреба, а к внешнему периметру от него идут 10 радиальных стен толщиной 2,5 м и общей высотой 11 м (рис. 2).

Полная высота коробчатого фундамента составляет 20 м, внутренний диаметр ядра 24,5 м. Нижняя железобетонная плита коробчатого фундамента имеет толщину 3,6 м, диаметр ее арматуры 32 мм при шаге армирования -16,5 см. Всего в нижней плите установлено 15 уровней сеток. Верхняя плита имеет толщину 2 м, средняя 0,3 м.

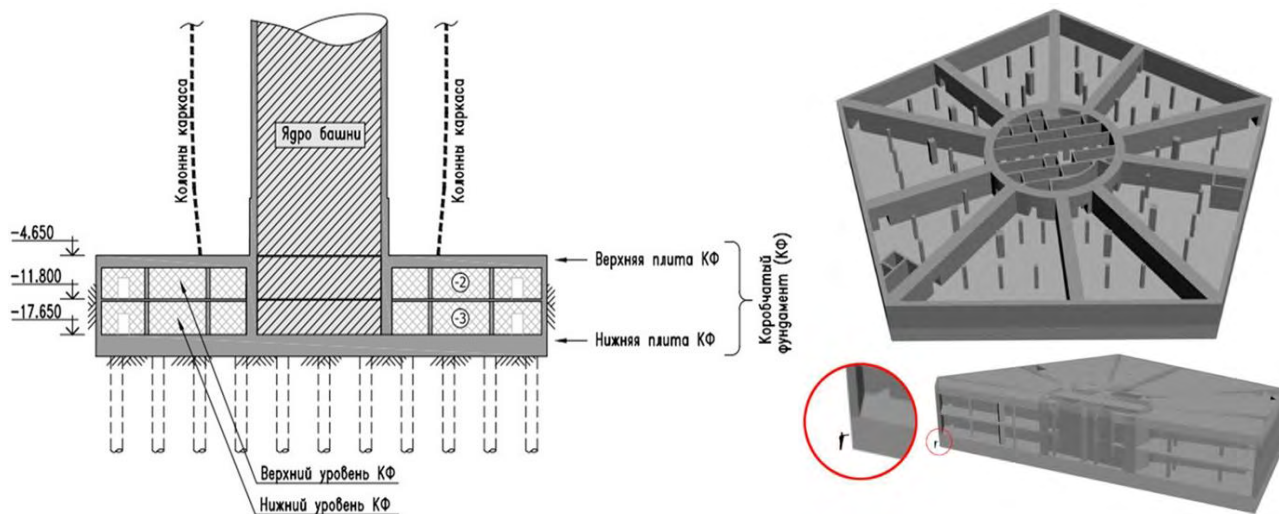


Рис. 2. Коробчатый фундамент и ядро башни; модель коробчатого фундамента с представлением масштаба по сравнению с ростом человека

Железобетонное ядро, являющееся основной конструкцией устойчивости небоскреба, выполнено полым - внутри него расположены коммуникации, вертикальный транспорт, технические помещения и зоны безопасности. Строительство ядра начиналось в коробчатом фундаменте и выводилось до самых верхних этажей башни. Ядро жестко соединено с коробчатым фундаментом, который передает нагрузку от башни на сваи.

«Стена в грунте» - ограждающая котлован конструкция - защищает его от подземных вод и давления грунта. Дисковая распорная система удерживает стены котлована на время устройства коробчатого фундамента (рис. 3). В дальнейшем диски демонтировались. Общая длина «стены в грунте» по пяти сторонам составляет 300 м при высоте 31,5 м и ширине 1,2 м. Ее устойчивость при отрывке котлована обеспечивают 4 распорных диска. При устройстве этой ограждающей конструкции использовано 105 арматурных каркасов весом 20 т.

Нижняя плита коробчатого фундамента небоскреба опирается на буронабивные сваи, выполненные по технологии «Бауэр», под защитной трубой диаметром 2 м двух типов: в центре здания сваи длиной 65 м, по периметру 55 м (рис. 4). Это делалось для того, чтобы компенсировать образование большей осадки в центре здания, чем по краям. Общее количество свай 264 шт.





Рис. 3. Схема разреза и вид «стены в грунте»

с распорными дисками и свайным полем в аксонометрии

Использован самоуплотняющийся бетон, микроструктура которого улучшена: меньше пористость – меньше кислородо- и водопроницаемость. Арматурный металлический каркас для свай – высокопрочная арматура класса А-500 диаметром 32 мм и закладные детали из высокопрочной стали класса 355, 365. Прочность швов при сварке каркасов проверяют ультразвуком.

Несущая способность одной сваи составляет порядка 5 тыс. т, что в 2,5 раза превышает проектную нагрузку. В целом общая несущая нагрузка свайного поля составляет свыше 1300 тыс. т, при том, что общая суммарная нагрузка на них – 670 тыс. т.

Бурение первых 30 метров скважины производится с применением обсадной трубы, которая защищает забой от осыпания грунта и проникновения воды. После бурения каждой скважины на дно погружается видеокамера. Ультразвуковым способом проверяется плотность бетона, устанавливается отсутствие пустот, которые впоследствии могли бы привести к деформациям. Испытание свай на статическую вертикальную нагрузку производилось методом ячеек «O-Cell» [4], которое позволяет определять несущую способность и отдельных инженерно-геологических элементов, и всей боковой поверхности свай и/или пяты. По полученным характеристикам бетона можно судить насколько расчеты были верными, насколько они приближены к реальности.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В сентябре 2015 года завершена заливка верхней плиты коробчатого фундамента небоскрёба, заканчивая все работы нулевого цикла. Конструкции «Лахта центра», не смотря на непростые грунтовые условия, были спроектированы с большим запасом прочности: на основе гидрометеорологических исследований и испытаний виртуальных и физических



Рис. 4. План свайного поля

под здание небоскрёба



моделей башни и других объектов комплекса проект был рассчитан на воздействие даже очень сильных ураганов, ливней, снегопадов, высоких и низких температур, сейсмостойкость обеспечивала выдерживание колебаний силой до 6 баллов (при возможности землетрясения интенсивностью до 2 баллов) [2], а запас несущей способности свай в фундаменте в два с половиной раза превышает проектные нормативы. Стоит так же отметить, что запас прочности круглого центрального ядра жесткости, воспринимающего по проекту порядка 70% от всех вертикальных нагрузок на здание, настолько превышает международные стандарты, что если все 10 сталежелезобетонных колонн, расположенных по его периметру, разрушатся, небоскреб будет стоять.

## **ВЫВОДЫ**

Опыт, полученный при работе с небоскребом в Санкт-Петербурге, можно расценивать как один из первых шагов в отечественной практике изысканий под высотное строительство на нескальных грунтах и основу для будущих исследований. А анализ технологий, примененных при сооружении оснований и фундаментов Лахта Центра, позволяет наглядно ознакомиться с тем, какие решения могут использоваться при устройстве фундаментов уникальных объектов и, в частности, высотных зданий.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Самое высокое здание в Европе. Часть 2. Инженерные изыскания для комплекса «Лахта Центр» // Геоинфо. 2018.
2. Труфанов А.Н. Инженерно-геологические и геотехнические изыскания при высотном строительстве (авторская лекция на 100+ Forum Russia 2016) // Геоинфо. 2016.
3. Конструктивные решения высотного здания «Лахта Центр» в Санкт-Петербурге / Илюхина Е.А., Лахман С.И., Миллер А.Б., Травуш В.И. // Строительные науки. 2019.
4. Мангушев Р.А. Геотехника Санкт-Петербурга. Опыт строительства на слабых грунтах. / Мангушев Р.А., Осокин А.И., Сотников С.Н. // Ассоциация строительных вузов. 2018 С. 274-277
5. Травуш, В.И. Бетонирование нижней плиты коробчатого фундамента комплекса «Лахта центр» / В.И. Травуш, А.И. Шахворостов // Высотные здания. 2015. № 1. С. 92–101.
6. Хохлов А.А. Анализ технологий, применяемых при сооружении оснований и фундаментов Лахта-Центра в Санкт-Петербурге // Инвестиции, строительство, недвижимость. 2018

## **ОСОБЕННОСТИ НАМЫВНЫХ ГРУНТОВ В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ**

**Пахтушкина О.А.**

студентка 4 курса 6 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: М. В. Рабинович,**

к.т.н., доцент кафедры МГиГ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В данной обзорной исследовательской работе рассматривается опыт строительства на намывных грунтах в пойме реки Лена в г. Якутске в зоне ММГ. Цель исследования: найти иные подходы в устройстве искусственных оснований в виде намывных грунтов в условиях вечной мерзлоты и сурового климата.

**Ключевые слова:** Намывное основание, намыв, многолетнемерзлые грунты, вечная мерзлота, 202, 203 микрорайон, намыв в г. Якутске.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Намывное основание - основание зданий и сооружений, сжимаемая толща которых полностью или частично сложена намывными грунтами.

Намыв - сравнительно дешёвый и простой способ освоения и расширения территорий. На намывных грунтах строят по всему миру. Эта технология используется в Китае, Японии, России, Нидерландах, Сингапуре. Ярким примером намывного основания является всем известный искусственный остров Пальма Джумейра в ОАЭ. В Японии - воздушные гавани. Искусственные намывные основания используют и в России: в Санкт-Петербурге, Москве, Нижнем-Новгороде, Якутске и других городах. В Санкт-Петербурге эта технология применяется с начала 20 века. Так как город был построен на заболоченной территории, необходимо было постоянно укреплять почвы и берега. Можно сказать, что большая часть Северной столицы стоит на намывных основаниях. На данный момент один из самых известных проектов - «Морской фасад». Это самая большая намытая площадь в акватории залива: 477 га.

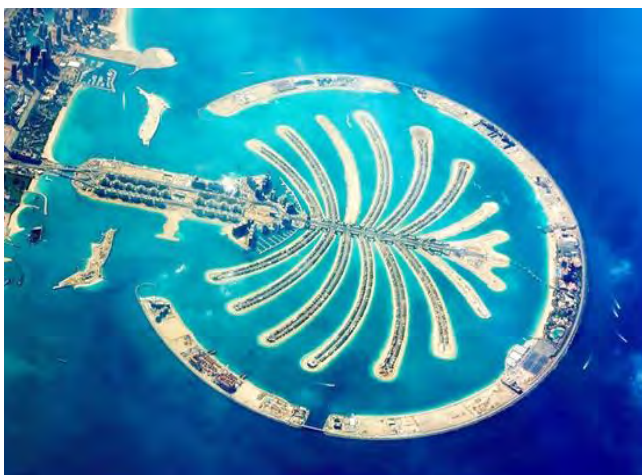


Рис.1. ОАЭ, Пальма Джумейра



Рис.2. Санкт-Петербург, «Морской фасад»

Для заполнения полостей (природных или искусственных) в горных породах, а так же пазух эксплуатируемых сооружений и создания новых площадей под застройку на строительно непригодной подтопляемой местности и для укрепления и увеличения береговых территорий в условия ММГ, образуют намывные основания из отложений частиц исходного грунта из гидросмеси.

Отличие намывных грунтов от исходных в природном залегании и от насыпных: улучшенный гранулометрический состав, физико-механические и геотехнические показатели, массив более однородный и анизотропный.

В настоящее время широкое применение получили следующие методы намыва грунта: низкоопорный, безэстакадный и эстакадный.

Эстакадный способ заключается в том, что главный трубопровод поднимают на специальные опоры эстакады и рабочую пульпу рассредоточенно разливается из трубопровода на рабочую поверхность из ряда регулируемых отверстий - выпусков. Эстакадный способ намыва уступает более экономичным и механизированным способам.

В Советском Союзе был разработан и впервые использован безэстакадный способ намыва. Здесь основной распределительный трубопровод размещается на поверхности ранее намытого грунта и рабочая пульпа разливается точно из торца основного трубопровода. Такая технология намыва была реализована и при строительстве 203 микрорайона города Якутск. Намыв производился в летний период, по очередной двухсторонней схеме из нескольких ниток распределительного пульповода, одна нить уложена вдоль обвалования, последующие постепенно перекалываются по направлению к намытой ранее территории. В процессе намыва бульдозером возводится попутное обвалование из намытого грунта. Низкоопорный – это промежуточный вариант между предыдущими.

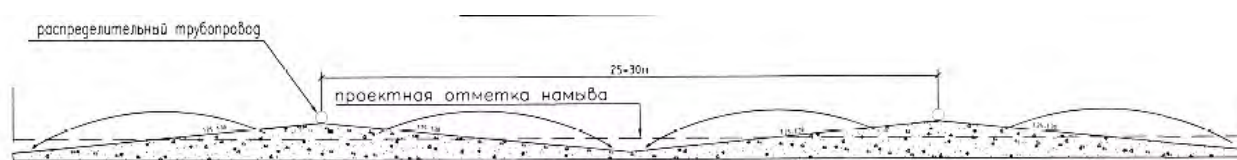


Рис.3. Схема намыва грунта в г.Якутск

В зависимости от местных мерзлотно-грунтовых условий, а также конструктивных и технологических особенностей строительство зданий и сооружений может проводится либо по I Принципу, либо по II Принципу использования ММГ в качестве оснований.

I Принцип - с сохранением природного мерзлого состояния грунтов;

II Принцип - допускается оттаивание грунтов.

На каждой площадке рекомендуется применять один из указанных двух принципов строительства.

Чтобы сохранить в основании здания мерзлоту, устраивают проветриваемое подполье стандартной высотой 1,2 м. Несоблюдение температурного режима чревато такими последствиями как потеря несущей способности, промоины, выпоры, неравномерные деформации. Это происходит из-за таяния включений льда, который заполняет поры вечномёрзлых грунтов. Когда температуры отрицательны, несущая способность этих грунтов очень высокая.

Якутск построен на естественном мерзлом основании по I Принципу. В условиях существующей вечной мерзлоты в этом городе построен крупнейший речной порт Республики - Якутский речной порт. Второй пример – Завод по ремонту тяжелой землеройной техники.

А в условиях развития вечной мерзлоты технология намыва грунтов активно была использована при застройке 202-го микрорайона г.Якутск. Намыв грунтов начал осуществляться там с 1980 года. Первые жилые дома были сданы в эксплуатацию в 1985 г.

В данное время часть жилых корпусов этого микрорайона находится в аварийном состоянии из-за недоучета процессов фильтрации в формировании мерзлоты. Намывные и подстилающие грунты сильно увлажнены и подвержены деформациям. При проектировании думали, что мерзлота с подстилающих грунтов должна была повлиять и на намывной грунт. Но с течением времени стало ясно, что этого не происходит: грунт талый, обводненный. Поэтому сейчас там происходит неравномерная осадка зданий, например, 19 корпуса, «Падающий дом»

К тому моменту, как выяснили, что мерзлота не поднимается на намывные грунты, уже успели намыть 203 микрорайон до проектной отметки. Поэтому котлованы пришлось разрабатывать в уже намытых грунтах.



Рис.4. Якутск, Завод по ремонту тяжелой землеройной техники



Рис.5. Якутск, 202 микрорайн, 19 корпус, «Падающий дом»

## ВЫВОДЫ

В Якутске при строительстве на намывных грунтах предусмотрен порядок работы, когда здания и сооружения возводятся в котловане, который был разработан в намывном грунте.

Мы хотим предложить два иных подхода. Первый вариант заключается в том, чтобы намыть грунтовое основание до уровня подошвы фундамента, затем возвести подземную часть здания, осуществить ее гидроизоляцию. И потом намыть/отсыпать основание до уровня планировочной отметки.

Второй вариант: осуществить намыв, также, как и в первом варианте, до уровня подошвы фундамента. Затем установить ограждение представляемого «котлована». Ограждением может служить металлический профиль «Шпунт Ларсена». Намыв до планировочной отметки осуществляется только после установки ограждения. Подземная часть здания и сам фундамент возводятся в сооруженном нами «котловане».

Эти подходы будут намного эффективнее, экономичнее и менее трудозатратны. Значительно облегчат устройство гидроизоляции и строительства.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цеева А.Н. Строительство зданий на намывных грунтах в 203-м микрорайоне г. Якутска // Наука и техника в Якутии. – 2005. - №1(8). – С. 64-66.
2. Шестернев Д.М. Строительство на вечной мерзлоте с использованием намывных грунтов // КУЛАГИНСКИЕ ЧТЕНИЯ: ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ. XV Международная научно-практическая конференция (Чита). Сборник трудов конференции. 2015. – С. 141-145.

3. Статья газеты «Якутский Вечерний», интервью Фёдора Фёдоровича Посельского и Михаила Романова о 202 микрорайоне г.Якутск.
4. Сыромятников И.И., Дорофеев И.В. Особенности динамики температуры грунтов на территории Якутска // Наука и образование. – 2014. – №4. - С.42-45.
5. Набережный А.Д., Кузьмин Г.П., Посельский Ф.Ф. Анализ причин снижения несущей способности оснований и фундаментов в геокриологических условиях Якутии // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. - №8. – С.64-69
6. Хрусталева Л.Н. Температурный режим многолетнемерзлых грунтов на застроенной территории. М.:Наука, 1971, 168с.

## **ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ТЕРРИТОРИЯХ СНОСА СТАРОЙ ЗАСТРОЙКИ В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ**

**Рябухин Г.В., Дёгрик В.Г.**

Студенты 4 курса 6 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: М. В. Рабинович,**

к.т.н., доцент кафедры МГиГ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Применение саморегулирующихся охлаждающих установок в условиях вечной мерзлоты для решения проблем строительства зданий и сооружений высокой категории ответственности и жилых зданий на частично оттаявшем основании.

### **Ключевые слова**

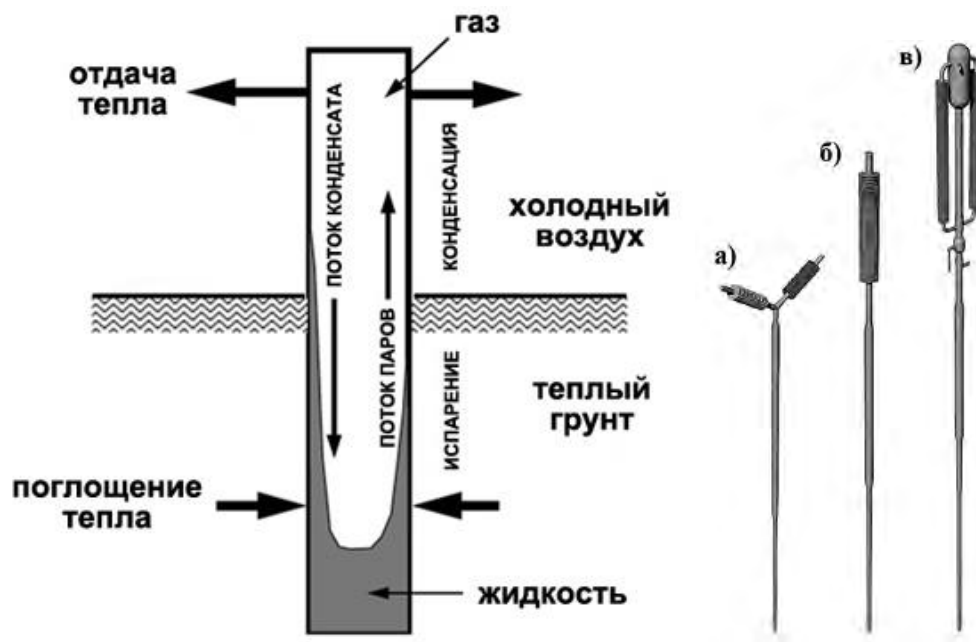
Термостабилизаторы грунтов (ТСГ), саморегулирующиеся охлаждающие установки (СОУ), многолетнемерзлые грунты, Якутск, Жатай.

### **ВВЕДЕНИЕ**

65 процентов суши нашей страны находится на территории с многолетнемерзлыми грунтами (ММГ). Особенность ММГ в том, что их температура играет ключевую роль в несущей способности грунта, и чем ниже температура – тем выше несущая способность.

Существуют различные методы термостабилизации грунтов, позволяющие им сохранять или улучшать их свойства. Различают естественное (с помощью саморегулирующихся охлаждающих установок) и искусственное (с помощью холодильных машин) охлаждение грунтов.

Стандартный ТСГ монтируется в скважине и действует как теплообменник. Теплоприток от грунта через металлическую стенку корпуса ТСГ поступает к хладагенту, а затем выносится им в конвективном потоке через конденсатор в атмосферу. Современные ТСГ используют наиболее эффективные по термодинамическим свойствам хладоносители – сжиженные аммиак или диоксид углерода. Таким образом, ТСГ представляют собой трубчатую бескомпрессорную холодильную машину, использующую естественные конвекционные свойства хладагента при наличии градиента температур между слоем вечной мерзлоты и наружным воздухом.



В процессе охлаждения, замораживания ведется контроль над температурным режимом грунтов путем измерения температуры в термометрических скважинах.

Расчет радиуса ( $r_f$ , м) льдогрунтового цилиндра вокруг замораживающей колонки осуществляется по формуле:

$$r_f = \eta_a \cdot r_p$$

,где  $r_p$  — радиус испарителя замораживающей колонки,  $\eta_a$  — безразмерный параметр, определяемый по номограмме в зависимости от значений безразмерных параметров  $b$ ,  $M$ ,  $N_a$ .

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Последние 50 лет все более явно заметна тенденция климата к повышению средних температур. Это явление может стать большой проблемой для зданий и сооружений, построенных на ММГ по I принципу. Решением проблемы повышения температур может стать применение ТСГ, так как они помогают запастись больше холода в грунте, нивелируя негативное влияние возрастающих температур воздуха.

Рассмотрим более подробно применение термостабилизаторов на примере двух задач.

**Первая задача.** Проектируется бассейн, находящийся в пос Жатай, в 15 км от гор Якутска на территории первой надпойменной террасы р Лена, на площадке сложенной многолетнемерзлыми грунтами. В основном грунты представлены твердомерзлыми песками. Это объект высокой категории ответственности и является объектом 2 категории геотехнической сложности. Дополнительную сложность объекта составляет эксплуатационный режим, связанный с высокой влажностью, повышенными



температурами внутри объекта и высокий риск аварийного сброса воды из системы очистки и подогрева и самой чаши бассейна. Для повышения надежности данного объекта было принято решение установить в грунте в средней части здания (в этой части здания наихудшее проветривание) вблизи несущих свай термостабилизаторы в виде вертикальных труб, заглубляемых в грунт на 1 метр больше глубины свай. Хладагент, применяемый в термостабилизаторах – сжиженный аммиак, так как он имеет высокие термодинамические свойства.

Габариты бассейна составляют 33 метра в длину, и 21 метр в ширину. Для здания с проветриваемым подпольем это очень большие размеры, которые неизбежно вызывают проблемы с проветриванием подпольного пространства. Чтобы эту проблему решить, нужно предпринять ряд мер, увеличивающих модуль вентилирования подпольного пространства и отвод тепла:

- увеличить высоту проветриваемого подполья до 1.8 метра;
- отказаться от декоративных панелей по периметру здания;
- не допускать складирования и размещения посторонних предметов в подпольном пространстве;
- отказаться от локального понижения уровня пола здания (лифтовые шахты, лестницы);

Все эти меры должны улучшить отведение тепла от радиаторов СОУ, находящихся в проветриваемом подполье бассейна, что хорошо сказывается на эксплуатационных характеристиках грунта основания.

**Вторая задача.** Проектируется фундамент для многоквартирного жилого дома в городе Якутск по I принципу. Сложность заключается в том, что ранее на месте строительства находился теплый гараж ангарного типа, построенный по II принципу, как следствие под ним образовалась талая зона глубиной до 8,7 метра в ее центре.

Такая постановка задачи требует проведения дополнительных мероприятий для восстановления температурного режима до нормального естественного фона. С этой целью предлагается установить СОУ в зоне чаши оттаивания вблизи кустов свай на глубину 13 метров, на 1 метр глубже свай. Радиус замораживания должен быть таким, чтобы все сваи попадали в зону его действия, в моем случае он должен быть  $> 1$  метра. В качестве хладона используем диоксид углерода.

При такой проблеме строительство необходимо производить в зимнее время года, а перед началом работ обязательно очистить площадку от снега. В скважины перед установкой свай нагнетают холодный воздух, для понижения температуры грунтов. Но так как процесс восстановления может занять несколько лет, а использование СОУ

позволит процесс ускорить и дать дополнительный источник охлаждения грунтов в эксплуатационный период. В такой ситуации очень важно осуществлять мониторинг температуры грунта во время строительства и эксплуатации здания, как минимум 4 раза в год, пока температура грунта не стабилизируется.

Так же тут возникает другая проблема: в основании залегают суглинки и супеси, при замораживании которых начнется морозное пучение, которое может вытеснить как сами установки, так и фундамент. Чтобы предотвратить негативное воздействие морозного пучения, применяют следующие меры:

1. Самый простой и надежный способ это замена пучинистого грунта на гарантированно непучинистый – песок средний, крупный или гравелистый (или щебень/гравий).

2. Введение в грунт противопучинистых добавок, например, засоление грунта. Временная мера, например, на период строительства. Выполняется технической поваренной солью или хлористым калием.

3. Выполнение пригрузки грунта, которая за счет собственного веса не позволит морозному пучению сильно вытеснить грунт или конструкции из него. Но пригруз выполняет роль теплоизолятора, что может осложнить процесс промораживания грунта с поверхности в зимний период.

## **ВЫВОДЫ**

Ожидается, что по принятым мерам срок восстановления температурного режима с использованием СОУ в оттаившей части грунта восстановится до требуемого эксплуатационного в течение 2 зимних сезонов. Расчеты и прогнозирование производилось в расчетно-вычислительном комплексе Frost 3d.

Постоянно совершенствующиеся строительные технологии дают новые возможности решения задач, связанных с формированием температурного режима мерзлых грунтов оснований зис. При грамотном и уместном их использовании можно решить задачи любой сложности особенно в условиях глобального потепления климата.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Хрусталева Л.Н., Емельянова Л.В. Прогноз теплового и механического взаимодействия инженерных сооружений с многолетнемерзлыми грунтами в примерах и задачах // «Директ-Медиа», 2019, - с. 6-7.
2. Технология термостабилизации грунтов: [Электронный ресурс]. URL: <https://frost3d.ru/termostabilizatsiya-gruntov/>. (Дата обращения 22.02.2019).

3. Сыромятников И.И., Дорофеев И.В. Особенности динамики температуры грунтов на территории Якутска // Наука и образование. – 2014. – №4. - С.42-45.
4. Набережный А.Д., Кузьмин Г.П., Посельский Ф.Ф. Анализ причин снижения несущей способности оснований и фундаментов в геокриологических условиях Якутии // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. - №8. – С.64-69.
5. Рабинович М.В. Аварийные утечки из инженерных коммуникаций как фактор влияния на температурный режим многолетнемерзлых грунтов оснований зданий//БСТ – 2020.-№1.- с.42-44.

УДК 69.059.7

**ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭСКАЛАТОРНОЙ ГАЛЕРЕИ  
РАСПОЛОЖЕННОЙ НА ВОРОБЬЕВЫХ ГОРАХ ПО АДРЕСУ: Г. МОСКВА, УЛ.  
КОСЫГИНА, Д. 20**

**Сельвиан А. О.**

Студент 6 курса 10 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: Чунюк Д.Ю.**

К.т.н., доцент, зав. кафедрой МГиГ НИУ МГСУ

**Аннотация.** Данная работа является примером расчета устойчивости оползневого склона на берегу реки Москвы в зоне реконструкции эскалаторной галереи. Целью данной работы является анализ и оптимизация различных методов стабилизации грунтового массива и выявление оптимального решения по его укреплению. В результате проведенных расчетов был найден наиболее подходящий вариант укрепления склона, который одновременно обладал малой материалоемкостью и обеспечивал достаточную устойчивость склона.

**Ключевые слова:** оползневый склон; реконструкция; эскалаторная галерея; устойчивость; противооползневые мероприятия; укрепление.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В 1959 году в Москве была открыта станция метрополитена, которая являлась уникальным объектом, так как располагалась на мосту над рекой. В том же году рядом со станцией открылась эскалаторная галерея, предназначенная для быстрого и удобного доступа пассажиров метрополитена. Галерея представляла собой 3 эскалатора длиной 90 метров каждый, крытых сверху ступенчатым навесом. За время эксплуатации, из-за оползней и смещения горных пород, стены галереи покрылись трещинами, и она постепенно пришла в аварийное состояние. Галерея долгое время не ремонтировалась из-за отсутствия рентабельности и в октябре 1983 года в связи с окончанием срока безопасной эксплуатации эскалаторы приостановили работу для пассажиров. По состоянию на 1988 год были прекращены даже их профилактические запуски. Позже все три эскалатора были демонтированы, а в 2001 году верхний вестибюль снесён.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

По приведенным данным инженерных изысканий и мониторинга, а также изучения и анализа фондовых материалов оползневый склон на участке Эскалаторной галереи в соответствии с СП 420.1325800.2018, характеризуется как:

- по глубине захвата - очень глубокий (глубина захвата пород оползневыми деформациями превышает 20 м;

- по объему - очень крупный (общий объем превышает 1 млн м<sup>3</sup>;

- по скорости смещения - от экстремально медленного (скорость смещения менее 16 мм/год) до очень медленного (скорость смещения более 16 мм/год, но не превышает 1,6 м/год.

По механизму развития склоновых деформаций, оползень, развивающийся на рассматриваемом участке, относится к оползням со сложным (комбинированным) механизмом смещения. В верхней части оползневого массива, где располагается Эскалаторная галерея, четко выделяется серия из трех-четырех оползневых ступеней, что характерно для инсеквентных оползней сдвига (скольжения). Нижняя, языковая часть оползневого массива, характеризуемая валами выпирания, сформировавшимися в русловой части долины р. Москвы, относится к оползням выдавливания.

Не один раз предпринимались попытки восстановить эскалаторную галерею, однако ни один проект так и не удалось реализовать. В 2018 году было принято решение всё-таки восстановить данный объект. В 2019 году были демонтированы старые конструкции. На рисунке 1 показана галерея в процессе демонтажа, а на рисунке 2 проект новой галереи.

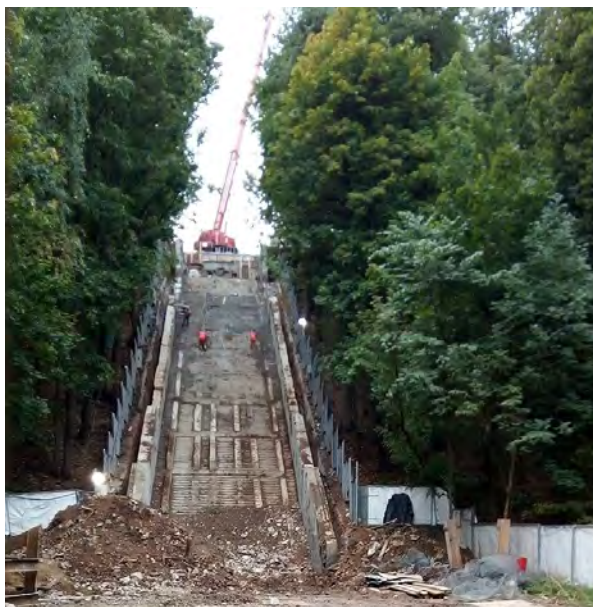


Рис. 1. Галерея в процессе демонтажа.



Рис. 2. Проект новой галереи.

Участок предполагаемых аварийно-восстановительных работ по эскалаторной галерее расположен в Москве. В геоморфологическом отношении рассматриваемый склон расположен в долине реки Москвы на крутом правом берегу.

Устойчивость склона контролировалась, начиная с 1962 г. В период наблюдений с 1976-2005 г. в связи с деформированием старой эскалаторной галереи велись режимные наблюдения как за галереей, так и за склоном. В 2004-2005 г. были организованы комплексные наблюдения за устойчивостью склона с западной стороны старой эскалаторной галереи. Анализ результатов наблюдений показал, что на верхней части надползневого уступа развиваются медленные пластические деформации со скоростью смещения 5-7 мм/год, которые при достижении пиковых значений, могут перейти в деформации сдвига. Также визуально наблюдается незначительное осыпание грунтов. Аварийное состояние эскалаторной галереи является следствием оползневых процессов.

Вышеизложенное свидетельствует о большой вероятности развития глубоких деформаций и не стабильном состоянии склона.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **Противооползневые мероприятия**

На сегодняшний день предполагается строительство новой эскалаторной галереи, вследствие чего встает вопрос об укреплении оползневого участка. Авторами в качестве противооползневых мероприятий было предложено несколько вариантов усиления склона, в



основе которых лежало применение буронабивных свай и буроинъекционных нагелей для армирования грунтового массива.

#### 1. Расчет склона без противооползневых мероприятий.

Также авторами был произведен расчет устойчивости грунтового массива без использования различных вариантов инженерной защиты. Результаты данного расчета представлены на рисунке 3. Коэффициент устойчивости получился равным 1,422.

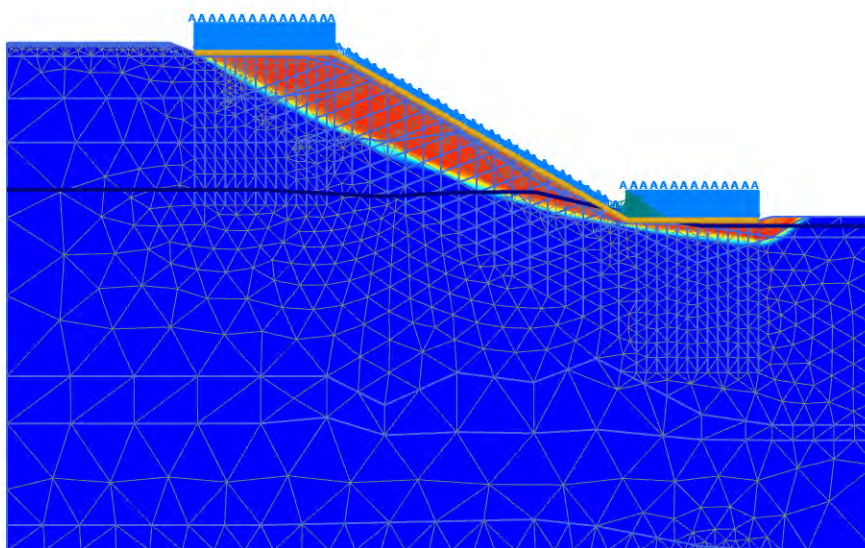


Рисунок 3.

#### 2. Вариант укрепления №1.

В первом варианте мероприятия по укреплению оползневого склона армирующие элементы располагаются только в нижней части наклонного участка склона. Они представляют собой нагели диаметром 120 мм и длиной 24 м. Наклон армирующих элементов составляет  $20^\circ$  к горизонту. Коэффициент устойчивости в результате расчета получился равен 1,513. На рисунке 4 представлены результаты расчета данного варианта усиления.

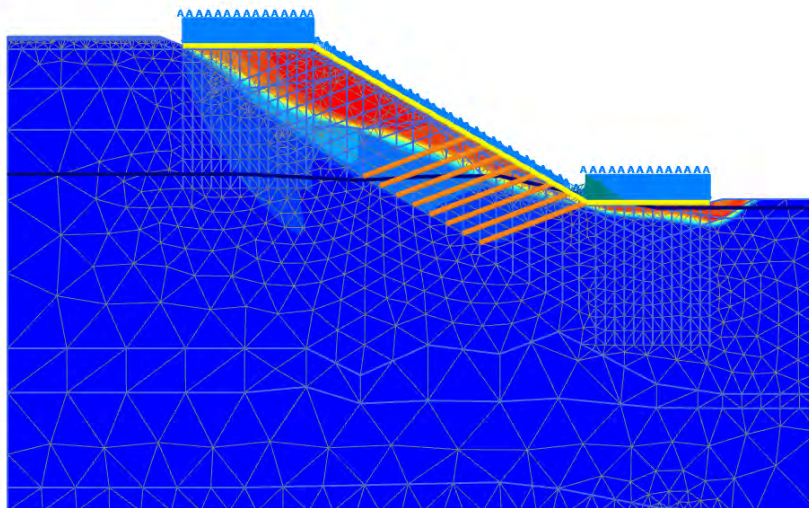


Рисунок 4.

### 3. Вариант укрепления №2.

Во втором варианте укрепления оползневого склона, в качестве армирующих элементов массива, были применены буроинъекционные нагели диаметром 150 мм на участке под станциями и 120 мм на наклонном участке расположения галереи. Длина нагелей диаметром 150 мм составляет 30 м, 120 мм – 24 м. Угол наклона нагелей под галерей принят  $20^\circ$  к горизонту. В результате расчета коэффициент устойчивости получился равен 1,734. Результат расчета представлен на рисунке 5.

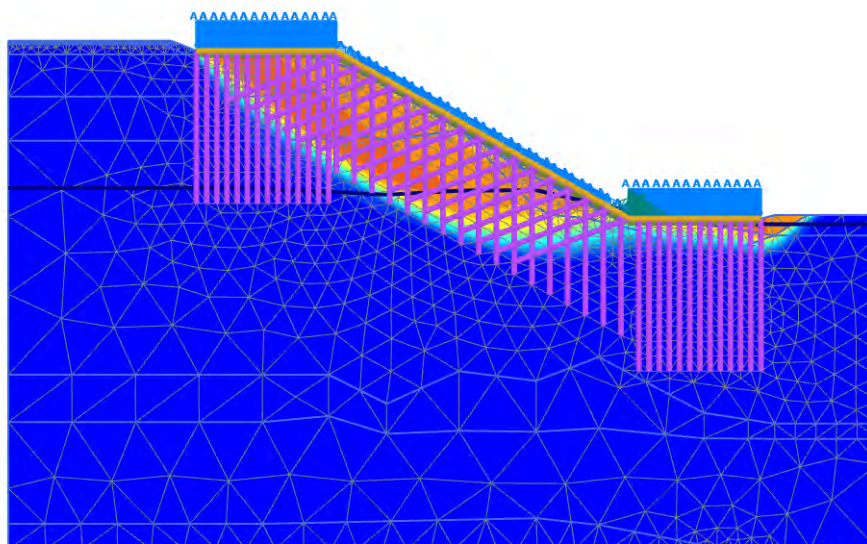


Рисунок 5.

### 4. Вариант укрепления №3.

В третьем варианте укрепления оползневого участка авторами в качестве армирующих элементов предложены буронабивные сваи диаметром 850 мм под верхними и нижним



вестибюлями, а в промежуточном участке склона предлагается использовать нагели диаметром 120 мм. Коэффициент устойчивости в результате расчета получился равен 1,79. На рисунке 6 представлены результаты расчета данного варианта усиления.

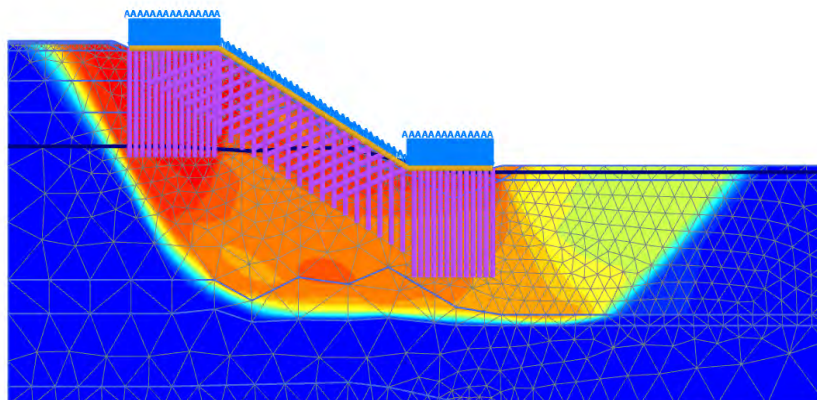


Рисунок 6.

#### 5. Вариант укрепления №4.

Четвертый вариант укрепления оползневого участка предполагает использование в качестве армирующих элементов массива грунта только буронабивные сваи диаметром 850 мм под верхними и нижним вестибюлями. Использование армирующих элементов наклонного участка галереи не предусматривается. В результате расчета коэффициент устойчивости получился равен 1,779. Результат расчета представлен на рисунке 7.

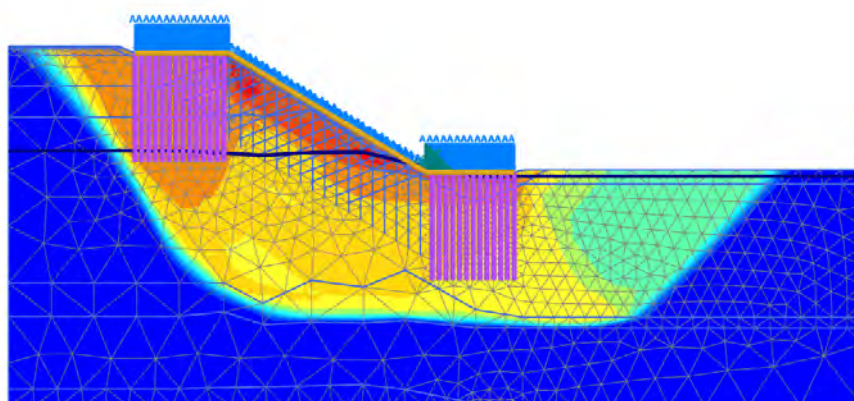


Рисунок 7.

## ВЫВОДЫ

В результате проведенных расчетов было установлено что наиболее выгодным вариантом усиления оползневого склона является вариант №...

В таблице 1 приведены коэффициенты устойчивости для всех вариантов расчета.

Таблица 1. Коэффициенты устойчивости для всех вариантов расчета.

Вариант	Коэффициент устойчивости, $k_{st}$
Расчет склона без укрепления	1,422
Вариант укрепления №1	1,734
Вариант укрепления №2	1,79
Вариант укрепления №3	1,779
Вариант укрепления №4	1,513

В данном расчете не учитываются динамические нагрузки, действующие как во время строительства галереи, так и в период ее эксплуатации, поэтому необходима организация и проведение локального мониторинга за оползневыми процессами.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений.
2. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М., 2016
3. Инструкция по инженерно-геологическим и геоэкологическим изысканиям в г. Москве. Москомархитектура. М., 2004
4. Карта оползневых явлений и подтопления подземными водами г. Москвы.
5. Рекомендации по оценке геологического риска на территории г. Москвы. – М., Правительство Москвы, Москомархитектура, 2002.

УДК 624.131.439.5

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРУНТОВОГО МАССИВА С ПОДЗЕМНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ

Алмакаева А.С.

Студентка 6 курса 10 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: Сидоров В.В.**

К.т.н., доцент кафедры МГиГ НИУ МГСУ

### Аннотация

**Предмет исследования:** в статье рассматривается взаимодействие массива грунта и одиночной сваи на их контакте, где возникает специфическое напряженно-деформированное состояние, которое связано с изменением прочностных характеристик грунтов этой зоны.

**Цели:** изучение степени влияния снижения прочностных характеристик на работу подземных конструкций в грунтовом массиве, а также рассмотрение методов моделирования контакта при проведении численных расчетов.

**Материалы и методы:** при помощи численного моделирования показано, как влияет учет взаимодействия массива грунта и одиночной сваи на ее несущую способность, а также как влияет способ моделирования контактной зоны на работу сваи при использовании виртуального интерфейса нулевой толщины, который задается специальным контактным элементом «интерфейсом», и с помощью реального интерфейса с толщиной и свойствами, эквивалентными виртуальному интерфейсу.

**Результаты:** результаты численного моделирования показали, что без учета взаимодействия, возникающего между грунтом и материалом подземной конструкции, несущая способность одиночной сваи будет выше. При моделировании контакта с помощью реального интерфейса исчерпание несущей способности происходит раньше, чем моделировании контакта виртуальным интерфейсом.

**Выводы:** для получения корректных значений перемещений подземных сооружений, необходимо снижать прочностные характеристики на контакте при численных расчетах, используя специфические параметры, определяемые либо по существующим нормативным документам, либо по результатам реальных испытаний грунтов в лаборатории и в полевых условиях.

**Ключевые слова:** свая; численное моделирование; контактная зона; коэффициент снижения прочности; виртуальная толщина; интерфейс виртуальной толщины; интерфейс реальной толщины.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Проблема взаимодействия строительных конструкций в составе ограждений котлованов, несущих элементов тоннелей, подземных частей зданий и сооружений широко исследуется в отечественной и зарубежной геотехнической практике [1, 2]. Данная проблема связана с тем, что на контакте грунта и конструкций происходит сложное взаимодействие между двумя разнородными материалами. Это приводит к таким явлениям, как понижение прочностных характеристик на контакте, которое можно учесть с помощью коэффициента снижения прочности. На данный параметр влияет множество факторов, например, вид грунта, его плотность, влажность, размер частиц грунта, шероховатость поверхности, величина нормальных напряжений [3-6].

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Работа буронабивной сваи и сваи-барреты в грунте с учетом снижения прочностных характеристик на их контакте была рассмотрена в статье В.А. Васенина [7]. Из натурных статических испытаний свай были получены осадки и величины бокового сопротивления по ее длине. Чтобы получить аналогичные значения при численном моделировании, для каждой разновидности грунта методом последовательных итераций были подобраны следующие коэффициенты снижения прочности: 0,4 – для глин, 0,7 – для суглинков и 1,0 – для супесей и песков. Данные исследования подтверждают факт того, что прочность на контакте двух разнородных материалов будет меньше, чем внутри массива грунта.

В статье I.P. Damians с соавторами [8] было рассмотрено взаимодействие сваи и грунта, моделируемое с помощью нулевого интерфейса и реального интерфейса эквивалентной толщины. По результатам численного моделирования были сделаны выводы о том, что оба способа возможно использовать для решения различных геотехнических задач, однако, при использовании реального интерфейса график распределения нормальных и касательных напряжений с глубиной начинает колебаться при переходе грунта в пластическое состояние, а при использовании нулевого интерфейса график имеет «гладкий характер».

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для моделирования взаимодействия на контакте двух разнородных материалов в различных геотехнических программных комплексах используются контактные элементы, называемые «интерфейсами». При учете контактных элементов в задачах между материалом конструкций и грунтом может иметь место отрыв и проскальзывание, за счет чего конструкция будет иметь большую свободу для перемещений. При отсутствии интерфейсов в задаче грунт и конструкция будут иметь общие узловые точки и, следовательно, перемещаться совместно, а усилия, деформации и перемещения конструкции не будут соответствовать ее реальному поведению. У интерфейсных элементов есть два основных параметра: коэффициент снижения прочности ( $R_{inter}$ ) и виртуальная толщина контактной зоны ( $\delta_{inter}$ ). Первый параметр позволяет снизить прочностные характеристики грунта на контакте и изменяется в диапазоне от 0 до 1. Второй параметр характеризует толщину грунта контактной зоны, вовлекаемого в работу при сдвиге. Виртуальная толщина соответствует реальной толщине зоны сдвига и определяется по формуле:

$$\delta_{inter} = \delta_{virt} \cdot A, \quad (1)$$

где  $\delta_{virt}$  – коэффициент виртуальной толщины, изменяющийся в диапазоне от 0,01 до 1;

$A$  - средний размер элементов, м.

Влияние учета интерфейсных элементов на работу подземных конструкций в грунте было рассмотрено на примере одиночной сваи в PLAXIS 2D. Задача рассчитывалась 3-мя способами: без учета интерфейсов, с интерфейсом при  $R_{inter} = 1$ , а также с интерфейсом при  $R_{inter} = 0,67$ . Характеристики интерфейсным элементам задавались материалом, у которого сцепление равнялось 0 ( $c = 0$ ), а угол внутреннего трения умножался на коэффициент  $R_{inter}$ .

Также были рассмотрены методы моделирования взаимодействия массива грунта и подземных сооружений и их влияние на напряжения и деформации, возникающих на контакте двух разнородных материалов. В первом случае моделирование производилось с помощью элемента «интерфейс», который имеет виртуальную толщину. Во втором случае контактная зона моделировалась с помощью интерфейса реальной толщины, который представляет собой слой грунта, имеющей свойства и толщину, эквивалентные виртуальному интерфейсу (рисунок 1). Свойства реального интерфейса рассчитывались по формулам, заложенных в программном комплексе для расчета механических характеристик виртуального интерфейса и представлены ниже:

$$v_i = 0,45, \quad (2)$$

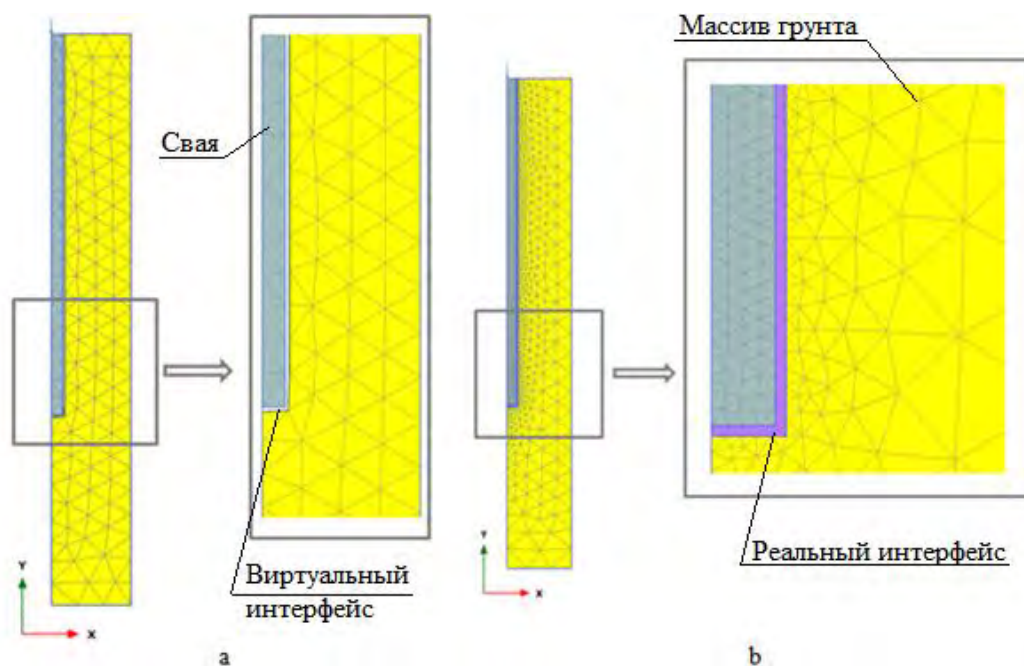
$$c_i = R_{inter} \cdot c_{soil}, \quad (3)$$

$$\varphi_i = \tan^{-1}(R_{inter} \cdot \tan \varphi_{soil}), \quad (4)$$

$$G_i = R_{inter}^2 \cdot G_{soil}, \quad (6)$$

$$E_{oed,i} = 2G_i \frac{1-\nu_i}{1-2\nu_i}, \quad (7)$$

где  $\nu_i$  – коэффициент Пуассона;  $c_i$  – сцепление интерфейса, принимаемый равным 0 в соответствии с таблицей 9.1 СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений»,  $c_{soil}$  – сцепление грунта,  $\text{кН/м}^2$ ;  $\varphi_i$ ,  $\varphi_{soil}$  – угол внутреннего трения интерфейса и грунта, соответственно, град.;  $G_i$ ,  $G_{soil}$  – модуль сдвига интерфейса и грунта, соответственно,  $\text{кН/м}^2$ ;  $E_{oed,i}$  – модуль одномерного сжатия интерфейса,  $\text{кН/м}^2$ .



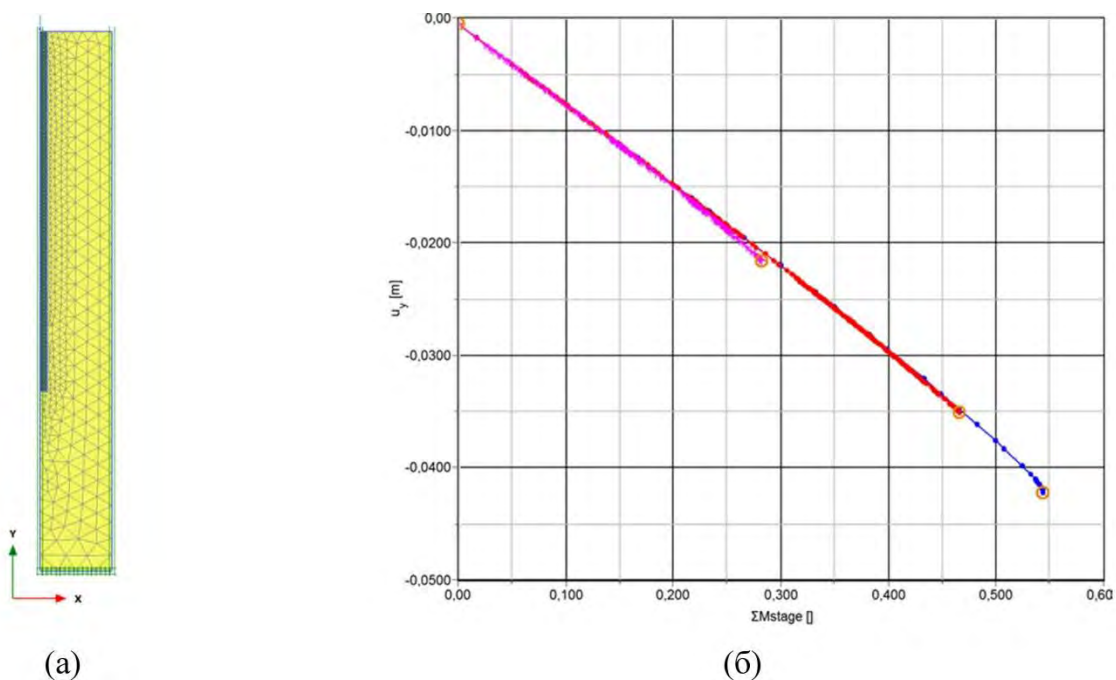
**Рис. 1.** Расчетная схема задачи при различных методах моделирования контактной зоны: с виртуальным интерфейсом (а), с реальным интерфейсом (б)

Для изучения влияния описанных методов, моделирующих взаимодействие на контакте двух разнородных материалов, были приняты значения виртуальной толщины, равные 0,05; 0,1 и 0,5, и соответствующие значения реальной толщины, определяемые по формуле (1) – 51 мм, 102 мм и 510 мм. Коэффициент снижения прочности был принят  $R_{inter} = 0,67$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

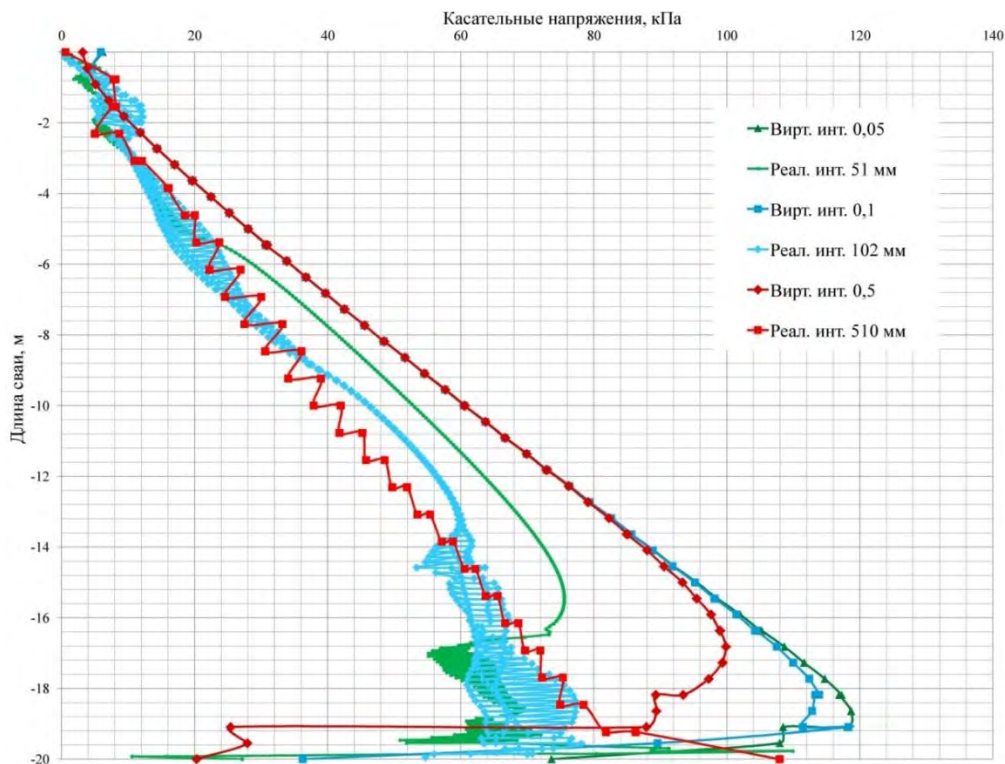
Результаты расчета по изучению степени влияния учета интерфейсов при численном моделировании представлены на рисунке 2, где показано, что кривые осадка-нагрузка в задаче без интерфейсов и в задаче с интерфейсом практически равны, о чем свидетельствует близость линий этих кривых. Также можно отметить, что исчерпание несущей способности происходит при различных нагрузках: при отсутствии интерфейсов – при 0,55, при учете интерфейсов с  $R_{inter} = 1,0$  – 0,46, а при  $R_{inter} = 0,67$  – 0,28 (нагрузка дана в долях от той, которая прикладывается

на сваю). Т.е. с учетом интерфейса и снижением прочностных характеристик на контакте истощение несущей способности сваи происходит быстрее.



**Рис. 2.** (а) Расчетная схема задачи, (б) графики зависимости величины изменения осадки одиночной сваи от нагрузки

Исследования влияния способа задания контактной зоны на работу одиночной сваи в однородном грунтовом массиве изображены на рисунке 3.

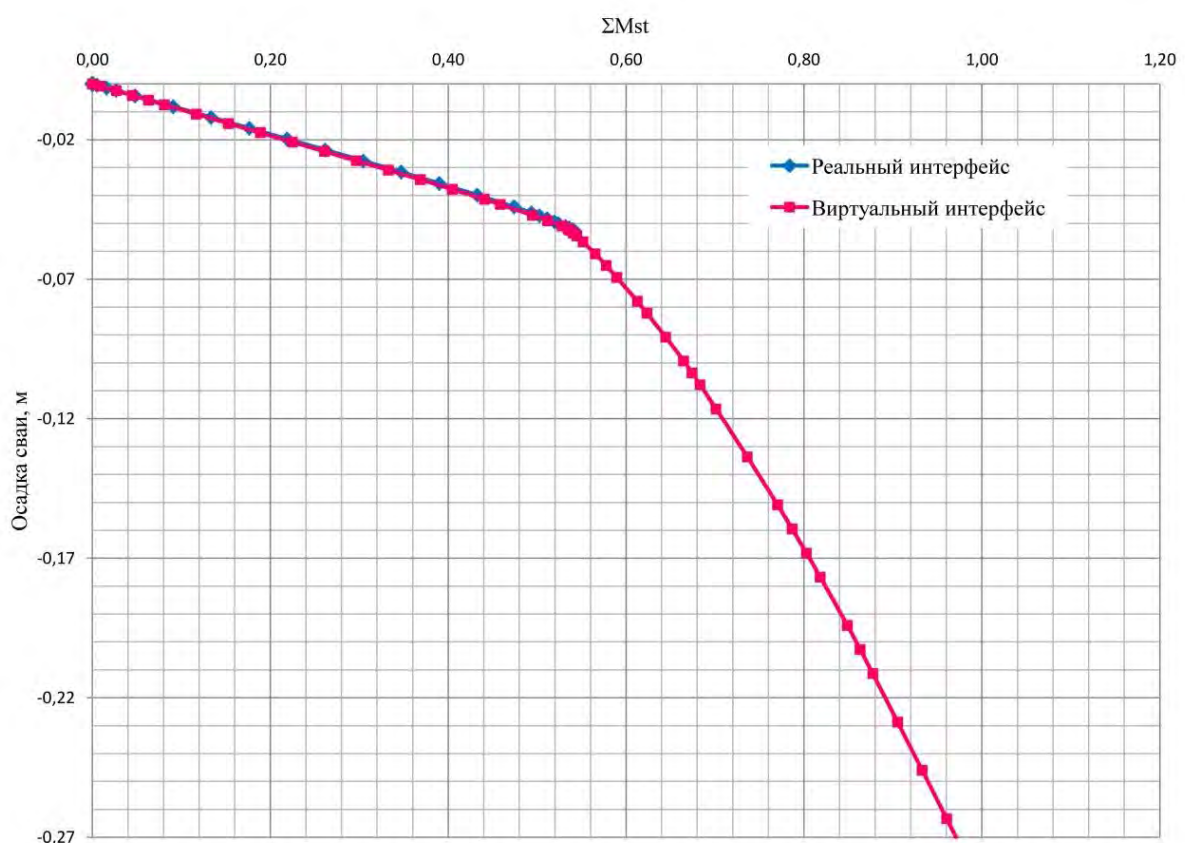


**Рис. 3.** Кривые зависимости распределения касательных напряжений на контакте сваи с грунтовым массивом по ее длине



Равномерное распределение касательных напряжений по длине сваи наблюдается в задаче, где использовался интерфейс нулевой толщины. В том случае, когда в задаче использовался реальный интерфейс, касательные напряжения распределялись неравномерно при переходе грунта в пластическое состояние. Кроме того, можно отметить, что при увеличении коэффициента виртуальной толщины, увеличивается сопротивление сдвигу. Сравнение величин касательных напряжений, получаемых разными методами, показало, что при использовании интерфейсов реальной толщины они будут меньше, чем при использовании интерфейсов нулевой толщины.

На рисунке 4 представлены графики зависимости прикладываемой нагрузки на сваю и ее осадки. Если в задаче контактная зона моделировалась слоем грунта реальной толщины, тогда исчерпание несущей способности происходило при величине нагрузки практически в 2 раза меньшей, чем при моделировании контакта виртуальными интерфейсами. Также по графикам видно, что несущая способность в обоих случаях при одной и той же величине прикладываемой нагрузки одинакова, т.к. линии кривых находятся в непосредственной близости друг к другу.



**Рис. 4.** Графики зависимостей осадки от нагрузки для интерфейса толщиной 102 мм



## ВЫВОДЫ

1. Использование контактных элементов при численном моделировании для снижения прочности между грунтовым массивом и одиночной сваей приводит к уменьшению ее несущей способности и, соответственно, чем ниже прочность, тем меньшую нагрузку способна нести свая. Без интерфейсов свая способна нести 55% от приложенной нагрузки, при их учете – 46%, а если понизить прочность на контакте, тогда свая способна нести лишь 28% от приложенной нагрузки.

2. Моделирование контактной зоны с помощью контактных элементов виртуальной толщины дает равномерный характер распределения касательных напряжений по длине сваи. Если контактная зона задана прослойкой грунта реальной толщины, тогда в зонах пластического течения грунта значения касательных напряжений колеблются в некотором интервале.

3. При использовании реального интерфейса сопротивление сдвигу между грунтом и сваей будет меньше, чем при использовании нулевого интерфейса, и, более того, исчерпание несущей способности сваи происходит при нагрузке в два раза меньшей, по сравнению с нагрузкой, прикладываемой на сваю, когда ее взаимодействие с грунтом моделируется с помощью виртуальных интерфейсов.

4. Рассмотренные задачи являются частным случаем моделирования, т.к. не учитывают другие факторы, которые могут повлиять на конечный результат. Следовательно, для удостоверения в правильности и корректности полученных результатов, необходимо рассмотреть большее количество задач, где необходимо изучить все известные факторы, влияющие на прочность контактной зоны, в отдельности не только для одиночных свай, но и других конструкций, работающих в грунтовой массиве. Более того, все полученные результаты необходимо подтверждать натурными испытаниями или данными геодезического мониторинга.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Miad Saberi, Charles-Darwin Annan, Jean-Marie Konrad On the mechanics and modeling of interfaces between granular soils and structural materials, Archives of Civil and Mechanical Engineering Journal, Vol. 18, Issue 4, Sep 2018.
2. Jiang Shouyan; Du Chengbin; Sun Liguo Numerical analysis of sheet pile wall structure considering soil-structure interaction, Geomechanics and Engineering Journal, Vol. 16, Issue 3, Oct 2018.

3. Di Donna A.; Ferrari A.; Laloui L. Experimental investigations of the soil-concrete interface: physical mechanisms, cyclic mobilization, and behaviour at different temperatures, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 53, Issue 4, Feb 2017.
4. Ilori A.O.; Udoh N.E. ; Umunge J.I. Determination of soil shear properties on a soil to concrete interface using a direct shear box apparatus, *International Journal of geo-engineering*, Vol. 8, Issue 1, Aug 2017.
5. Chen X.B.; Zhang J.S.; Xiao Y.J.; Li J. Effect of roughness on shear behavior of red clay – concrete interface in large-scale direct shear tests, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 52, Issue 8, Aug 2015.
6. Xu Z.H., Zhang G.D., Liao W., Liao A.M. and al. Study on mechanical behaviors of interface between gravel soil and concrete with large-scale simple shear test, *AER-Advances in Engineering Research*, Vol. 78, 2016.
7. Васенин В.А. Численное моделирование испытаний буронабивной сваи и баретты для строительства высотного здания в г. Санкт-Петербурге, журнал *Геотехника*, выпуск 5, 2010.
8. Damians I.P., Yu Y., Lloret A., Bathurst R.J., Josa A. Equivalent interface properties to model soil-facing interactions with zero-thickness and continuum element methodologies. *Proceedings of XV Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (XV PCSMGE)*, At Buenos Aires, Argentina, 2015, pp. 1065-1072.

## СПОСОБЫ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДОВ

**Емельянов Д.В.**

Студент 1 курса магистратуры 16 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: Н.С. Никифорова**

Д.т.н., профессор кафедры МГиГ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Выбор технологии работ по бестраншейной прокладке коммуникаций зависит от многих факторов: категории сложности технико-геологических условий, протяженности предлагаемых трасс, плотности прилегающих коммуникаций, бюджета заказчика. Этот вопрос актуален. Предмет исследования - строительство трубопровода. Целью исследования является выбор технологии прокладки трубопровода путем сравнения способов прокладки труб бестраншейным способом. В статье приведены преимущества и недостатки различных технологий, а также определены важные технологические параметры. Кроме того, представлены вниманию методы: горизонтальное направленное бурение, прокол, продавливание, микротоннелирование. Результаты исследований обобщены в сравнительной таблице методов бестраншейной прокладки трубопроводов, содержащей диаметры трубопроводов, допустимые длины прокладки, область применения при различных инженерно-геологических условиях, а также преимущества и недостатки сравниваемых технологий.

**Ключевые слова:** прокладка труб; горизонтально направленное бурение, прокол, продавливание, микротоннелирование.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Строительство инженерных коммуникаций может осуществляться двумя способами: открытым и закрытым. Открытый способ включает в себя рытье траншей, нарушение движения во время строительных работ и т.д.

Технологии закрытого способа выполнения работ представляют собой строительство коммуникаций без земляных работ, а также сокращение сроков выполнения работ. Такие методы актуальны для городов с хорошо развитой инфраструктурой, в местах, где на поверхности находится много различных зданий, и нецелесообразно открывать поверхностные слои и рыть траншеи. В статье рассматриваются методы и критерии выбора закрытого метода ведения работ.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Горизонтально-направленное бурение (ГНБ) - распространенный метод прокладки трубопроводов, основанный на использовании специального оборудования для горизонтально-направленного бурения. Длины могут варьироваться от нескольких метров до нескольких километров [1]. Строительство с использованием этого метода исключает дополнительные расходы, связанные с нарушением движения и ремонтом дорожного полотна. Прокладка трубопроводов осуществляется методом горизонтально-направленного бурения (ГНБ) в три этапа:

1. Устройство пилотного отверстия. Бурение осуществляется с помощью головки для бурения.

Головки оснащены системой навигации, которая позволяет задавать и контролировать направление бурения.

2. Расширение скважины до необходимого диаметра. Через пилотное отверстие в сторону буровой установки обратным ходом расширяется скважина до необходимого размера.

3. Протяжка трубопровода. Установка затягивает трубу в движении по направлению к стартовому котловану [2].

На Рис.1 показана технология прокладки трубопроводов с использованием ГНБ.



**Рис.1.** Схема прокладки трубопроводов методом ГНБ

Наиболее эффективно ГНБ применяется в нескальных грунтах (песок, глина, суглинок), где устойчивость стенок скважины обеспечивается специальным буровым раствором. Метод ГНБ также может использоваться в каменистых грунтах с помощью более мощных машин. Инженерно-геологические условия, при которых применение метода ГНБ затруднено или невозможно, включают: наличие грунтовых вод под высоким давлением, глинистых грунтов текучей и текуче-пластичной консистенции, грунтов с включениями искусственного происхождения (фрагменты железобетонных плит, металлургические отходы и т.д.), неустойчивые участки (карст, оползни, необработанные участки).

## Прокол

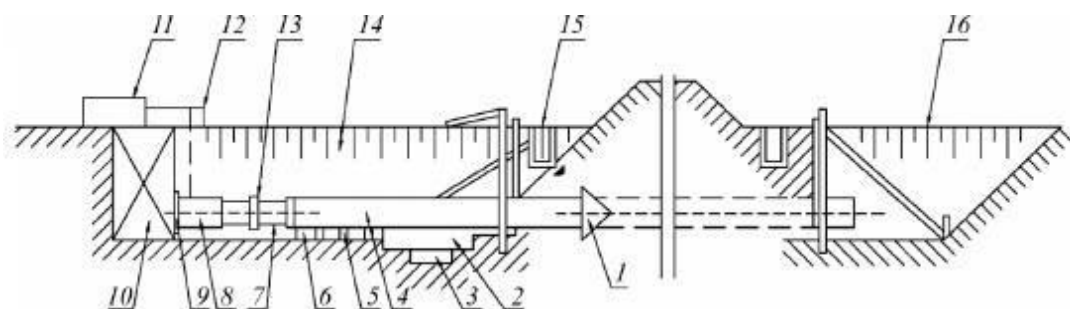
Прокалывание - это технология, позволяющая получить скважину путем уплотнения грунта без его извлечения и выемки. Метод применяется для труб диаметром 50-500 мм, длина прокола 50 - 80 м. Рекомендуется применять этот метод в грунтах без твердых включений. В скальных грунтах метод не применим [3].

Ограничение диаметра связано с тем, что грунт проникает в скважину трубой, оснащенной глухим конусным наконечником, не вынимая грунт из скважины. Диаметр наконечника на 20 мм больше внешнего диаметра бурильной трубы. Скважина формируется в почве, получается при прессовании наконечника, почва вытесняется и уплотняется.

При небольшом диаметре трубы, прокол осуществляется трубой. При данном варианте точность выше, в связи с тем, что на пути трубопровода могут попадаться твердые включения и произойдет отклонение от заданной территории [4].

Выкапываются два котлована (рабочий и приемный), устанавливаются гидравлические домкраты для выполнения прокола. Домкраты присоединены к гидравлическим насосам, которые установлены рядом с котлованом. Вдавливание трубопровода осуществляется циклическим методом – домкраты по очереди переключают ход. [5].

На рис. 2 показана схема протяжки трубы методом прокол.



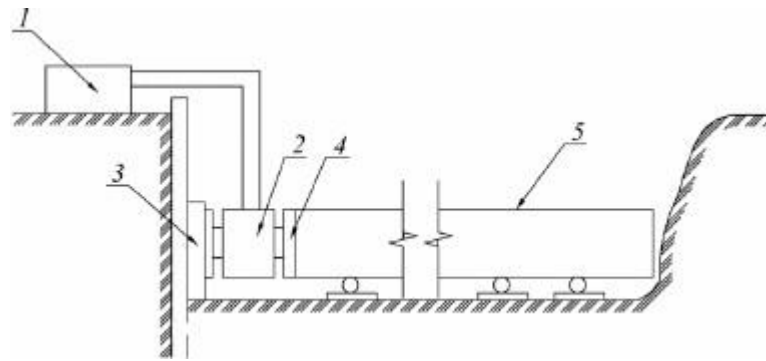
**Рис.2** Общая схема работы; 1 - наконечник; 2,3 - приямки; 4 - трубопровод; 5- шпалы; 6 - направляющая рама; 7 - напорное соединение; 8 – гидравлический домкрат; 9 - опорный башмак; 10 - подпорная стенка; 11 - насосная станция; 12 - маслопроводы; 13 – нажимная заглушка; 15 – обводной лоток; 14,16 – рабочий и приемный котлованы.

## Продавливание

Продавливание применяется для труб диаметром от 600 до 1700 мм. Расстояние между рабочими котлованами может составлять до 100 м. Метод применяется в грунтах I-IV групп по сложности разработки. Он также может использоваться в твердых породах, но только для пробивки труб с максимальным диаметром. Метод не применяется в плавунных грунтах.

При использовании этого метода, необходимо устанавливать мощные домкратные установки, которые создают большие усилия, особенно в твердых грунтах. Для того, чтобы

выдержать такие усилия, монтируются прочные подпорные стены. На Рис. 3 показана схема производства работ [6].



**Рис.3** Схема выполнения продавливания: 1 - масляный насос; 2 - гидравлический домкрат; 3 - опорная конструкция; 4 – опорная плита; 5 – продавливаемая плита.

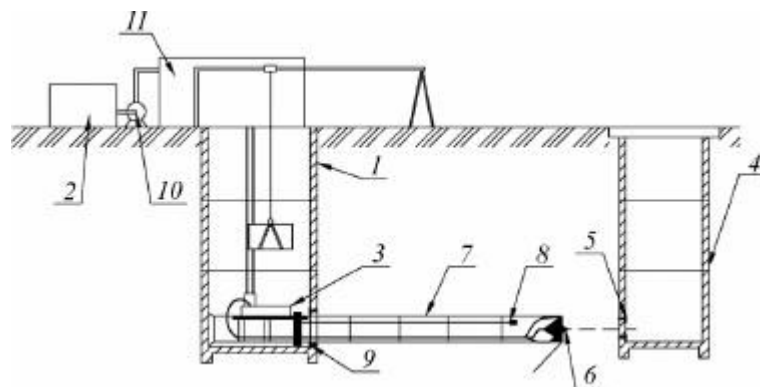
Укрепленный котлован должен иметь следующие размеры: длина не менее 4 м, ширина не более 3 м, глубина котлована на 0,5 м выше отметки лотка рабочей трубы.

Вдавливание труб осуществляется с помощью насосных домкратов с двумя, четырьмя, восемью и более гидравлическими домкратами с усилием 500-3000 кН каждый. Количество требуемых домкратов определяется в зависимости от требуемого усилия нажима. Процесс представляет собой циклическое вдавливание трубы. Давление достигается путем переключения домкратов на движение вперед и назад. Стальной корпус вставляется в яму с интервалом 1 м и приваривается к уже установленной трубе.

По окончании работы грунт внутри обсадной колонны выкапывается вручную, оборудование вынимается из котлована и он засыпается. [4]

### **Микротоннелирование**

Этот способ прокладки трубопроводов полностью автоматизирован. Используется для диаметров от 200 до 3600 мм. Прокладка коммуникаций микротоннелированием позволяет достигать длин от 50 до 5000 метров. Основные преимущества этого метода заключаются в том, что строительство возможно во всем диапазоне инженерно-геологических и гидрогеологических условий (от слабых водонасыщенных грунтов до скальных пород) без применения специальных технологий (замораживание, водопонижение, химическое закрепление грунтов и т.д.) [7]. Рациональные скорости и режущий элемент подбирается в зависимости от категории сложности грунта. Схема работы показана на рисунке. 4.



**Рис.4** Метод микротоннелирования: 1 – стартовая шахта; 2 - отстойник; 3 - питающий насос; 4 – приемная шахта; 5 - уплотнение в приемном валу; 6- рабочий орган AVN; 7 - трубы; 8 - лазер; 9 - стартовое уплотнение; 10 - подающий насос; 11 – контейнер управления.

Применение технологии микротоннелирования требует строительства двух котлованов (рабочего и приемного). Шахты могут иметь форму квадрата или круга и иметь боковые размеры до 6 метров.

С помощью домкрата щит доводится до длины, соответствующей длине используемых напорных трубопроводов. Затем следующая труба помещается на домкрат и процесс повторяется. Насосами подается пульпа в отстойник, вода закачивается обратно в отстойник, а твердые частицы, скапливающиеся в виде засыпки, вывозятся на утилизацию. Все функции процесса и управления в этой технологии компьютеризированы. Точность экранирования микротоннелирования контролируется лазерной системой [8].

Прокладка ведется до тех пор, пока щит не выйдет в приемный котлован. В приемном котловане демонтируется щит, а в стартовом - домкратная установка. Трубы остаются в земле в качестве трубопровода. Изменяя тип щита, можно проложить трубопровод глубиной до 30 м [3].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе исследования были исследованы методы бестраншейной прокладки труб и представлена таблица сравнения методов прокладки труб (Таблица 1).

**Таблица 1** Сравнение методов бестраншейной прокладки труб

Способ	Трубопровод		Область применения (тип грунта)	Скорость прохода	Достоинства	Недостатки
	диаметр, мм	длина, м				

				дки, м/ч		
ГНБ	до 1720	от нескольких метров до нескольких км	в песчаных и глинистых грунтах	1,5-1,9	Применим в специфически х грунтах (скальные, плы вуны). Высокая точность бура. Малые сроки работ	При наличии грунтовых вод, водонасыщения грунта - не применим. Требует утилизации большого объема бентонита
Прокол	50-500	50-80	в глинистых и суглинисты х (связных) грунтах без твердых включений	3-6	Не требует удаления грунта	В скальных и кремнистых грунтах не применяется. Возможно отклонение от намеченного пути
Продавливание	600- 1700	30-100	1-4 группы	0,2-1,5	Применим в твердых породах, но лишь для больших диаметров	В плавунных грунтах не применим.
Микротоннелирование	200- 3600	50-5000	все виды	1,0-2	Высокая точность проходки.	Дорогостоящее оборудование

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа методов бестраншейной прокладки трубопроводов было показано, что для выбора метода работы необходимо произвести комплексную оценку факторов, а



именно: инженерно-геологических условий, диаметра трубопровода, сроков проведения работ. Выбор технологического варианта определяется на основе технико-экономического сравнения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Морозова Ю.А. Прокладка бестраншейных трубопроводов по технологии горизонтально-направленного бурения // Инновационная наука. 2018. №11.- С.34-36.
2. Фетисова М.А., Горшков Д.Н., Страхов К.А. Укладка труб без траншей // Молодые ученые. - — 2014. - — №4. - - С. 287-289.
3. Морозова Ю.А. Технология бестраншейной прокладки трубопроводов инженерных сетей. Инновационная наука. 2018,. 1 (5),– С. 41-45.
4. Лопатина А.А., Сазонова С.А. Анализ технологий укладки труб // Вестн. Строительство и архитектура. 2016. №1. - - С.93-111.
5. Пермяков М.Б., Пивоварова К.А., Домнин В.Ю., Кусбекова М.Б., Жамбакина З.М. Оборудование для бестраншейной разработки почвы методом прокола // Вестн. настр. и образование. 2017. №4 (28). - - С.21-24
6. Дубенских М.С., Каргин А.А., Гилязидинова Н.В. Технология бестраншейной прокладки коммуникаций // Россия Молодая: II Всероссийская, 55-я научно-практическая конференция - г. Кемерово, 2010 г. - С. 397-399.
7. Корзун Н.Л., Балканов А.А. Обоснование применения микротоннелирования для инженерной сети, расположенной в урбанизированных районах // Изв. вузов. Инвестиции // Изв. вузов. Гражданское строительство // Известия вузов. Недвижимость. 2014. №1 (6). - - С. 50-66
8. А. Батюков, А. Гуммель, В. Пузин, А. Живодерников. В., Живодерников М.А. Семляной. Анализ систем позиционирования микротоннельных комплексов // Изв. вузов. Северо- Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2019. №2 (202). - - С.26-36

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛОГО ГРУНТА В КАЧЕСТВЕ ОСНОВАНИЯ ДЛЯ МЕЛКОЗАГЛУБЛЕННОГО ФУНДАМЕНТА

**Ступивцев А.В.**

студент 4 курса 12 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: Л.И.Черкасова**

канд. техн. наук, доц. каф. МГиГ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Большую часть планеты занимают зоны с постоянными отрицательными температурами. Грунт в таких зонах так же находится в состоянии многолетней мерзлоты. Но освоение таких территорий необходимо, поэтому автор ставит перед собой цель рассмотреть варианты устройства фундамента на многолетнемерзлых грунтах и по результатам сравнения выбрать оптимальный.

Рассмотрены варианты свайного фундамента, фундамента мелкого заложения, заложеного выше нижней границы деятельного слоя и фундамента мелкого заложения, заложеного ниже границы деятельного слоя. Варианты рассматриваются при строительстве по I принципу строительства в районах многолетней мерзлоты – с сохранением мерзлоты в период строительства и эксплуатации здания.

По результатам исследования определено, что оптимальным вариантом является фундамент мелкого заложения пирамидальной формы с заложением в многолетнемерзлом слое на величину, учитывающую деградацию этого слоя от влияния глобального потепления, которую в дальнейших исследованиях необходимо определить.

**Ключевые слова:** многолетняя мерзлота; вечная мерзлота; фундаменты мелкого заложения; строительство.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Человечество в процессе своей жизнедеятельности осваивает и заселяет все возможные уголки планеты. Но не каждое место благоприятно для проживания и в некоторых случаях расселения появляется необходимость обустриваться на неблагоприятных для застройки территориях. Таким образом не менее четверти суши всей земной поверхности, которую необходимо освоить, занимает так называемая «многолетняя мерзлота» и большая часть Российской Федерации (более 70%) так же входит в эту зону [1]. В сфере строительного

производства многолетняя мерзлота характеризуется многолетнемерзлыми грунтами, основаниями под фундаменты. Распределение мерзлого грунта на территории РФ приведено на рис. 1.



**Рис. 1.** Распределение мерзлого грунта на территории РФ

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Исследование опирается на ряд научных статей с тематикой строительства в районах многолетней мерзлоты и на многолетнемерзлых основаниях. Такие статьи «Особенности строительства фундаментов в вечноммерзлых грунтах» [3] и «Строительство и проектирование зданий и сооружений в условиях вечной мерзлоты» [4] в которых описываются особенности строительства в регионах многолетней мерзлоты. Так же за основу были взяты нормативные строительные документы СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечноммерзлых грунтах и СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений – регламентирующие основные понятия и строительную деятельность фундаментов в регионах многолетней мерзлоты.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве материально-технической базы выступает нормативно-техническая документация и современные научные изыскания. Полученные исследовательские данные обрабатываются в программном комплексе, экстраполируются и на основании обработанных данных приводятся соответствующие выводы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Многолетнемерзлый грунт – термин, применяемый в геокриологии (мерзловедении), определяющий состояние рассматриваемого грунта как с температурой меньше 0 °С при

нахождении его в таком состоянии в течении трёх и более лет. Строительство на таком грунте связано с рядом проблем:

- при проведении любых работ с грунтом: испытания, эксплуатация, использование в качестве строительного ресурса – требует контроль его температуры;
- разработка мёрзлого грунта схожа с разработкой скального грунта, что вызывает необходимость предварительной его разморозки;
- морозное пучение в регионах многолетней мерзлоты усиливается от возникающих со стороны мерзлого грунта сил сопротивления;
- замороженный грунт образует водоупор, способствующий насыщению вышележащего слоя грунта водой.

Часть из этих проблем предлагается не решать, а использовать в своих интересах в строительстве.

Чтобы понять, каким образом происходит изменение свойств грунта при промерзании, рассмотрим данный процесс. При охлаждении вода в грунте кристаллизуется, захватывает и объединяет в ледяной каркас частицы грунта, происходит «цементация» грунта, что приводит к изменению его характеристик:

- увеличивается угол внутреннего трения и удельное сцепление;
- повышается несущая способность;
- увеличивается теплоёмкость.

Все эти особенности многолетнемерзлого грунта приводят к системе строительства, состоящей из двух принципов по СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах:

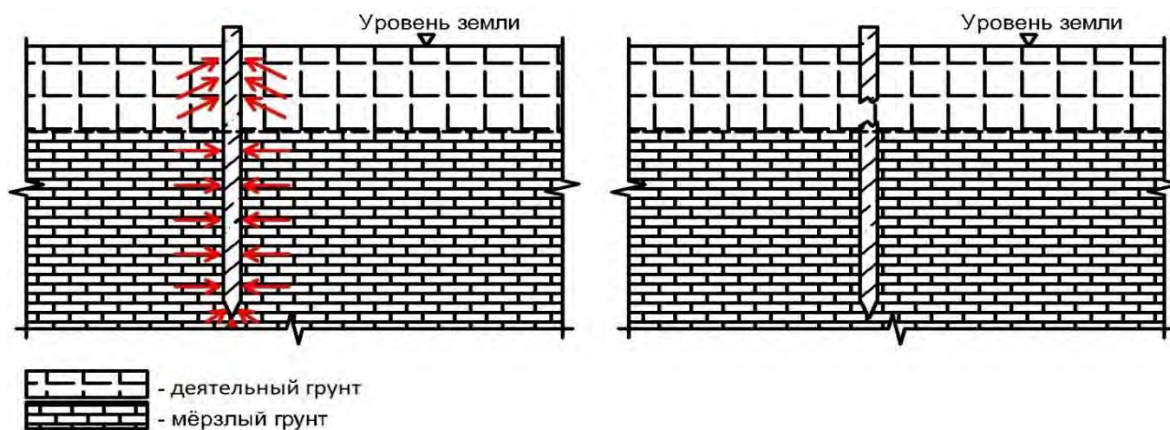


**Рис. 2.** Принципы строительства на многолетнемерзлых грунтах

Выбор принципа строительства на многолетнемерзлом грунте основывается на технико-экономических показателях. Использование основания в мерзлом состоянии с недопущением его оттаивания в период эксплуатации создаёт необходимость в мероприятиях по сохранению мерзлоты. В случае со II принципом следует учитывать затраты на заложение фундамента на расчётную глубину в грунте, плохо поддающемся разработке. В процессе проектирования данные принципы должны сравниваться для конкретных геологических условий, в которых планируется строительство.

В данной статье будут рассмотрены некоторые особенности строительства по I принципу – с сохранением мерзлого состояния основания. Рассмотрим 3 возможных случая устройства фундамента:

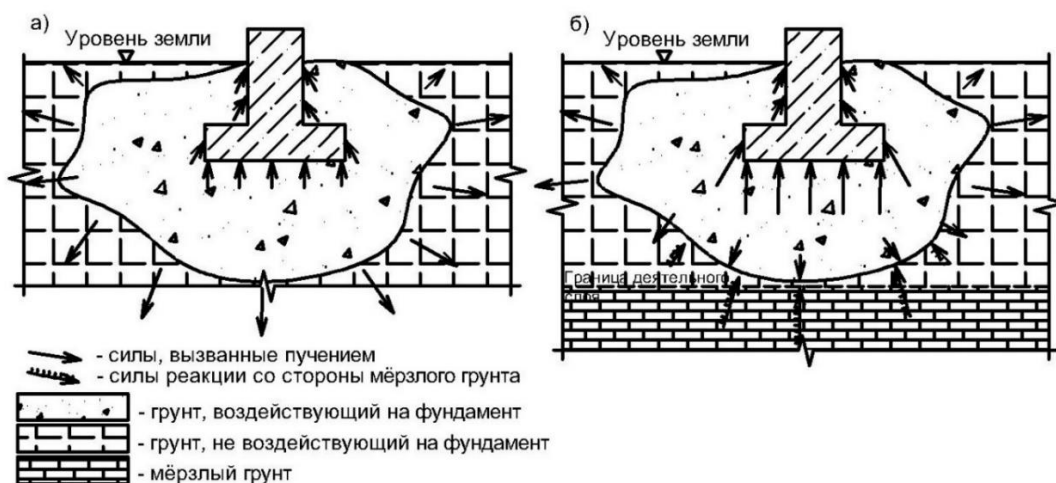
**Первый случай** используется чаще всего – это свайный фундамент. Сваи в таком случае заглубляются на расчётную глубину с предварительным бурением мерзлого грунта до проектной отметки. Данный тип фундамента позволяет создать пространство между сооружением и грунтом, образуя проветриваемое подполье тем самым обеспечивая сохранность мерзлого состояния грунта. Так же существует опасность разрушения свай силами морозного пучения. Нижняя часть сваи заземляется многолетнемерзлым грунтом, когда деятельный слой в процессе изменения своего объёма от сил морозного пучения пытается вытолкнуть сваю, разрывая её. Этот процесс продемонстрирован на рис.3.



**Рис.3.** Разрушение сваи силами морозного пучения

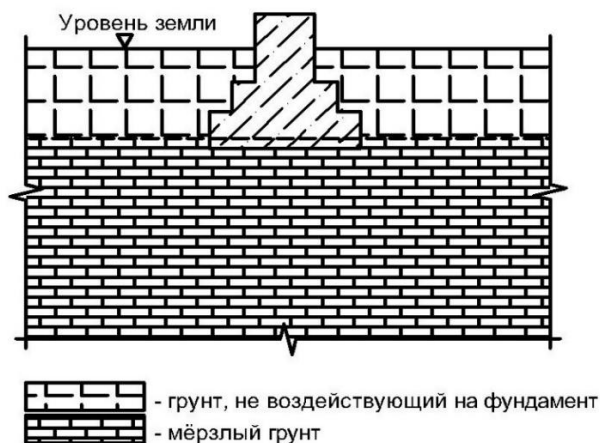
Кроме возможного разрушения первый случай является самым неэкономичным, что связано с большой стоимостью свайных работ и стоимостью самих свай. Этот вопрос решается во **втором случае**, где фундамент мелкого заложения (столбчатый или лента) устраивается на расчётную глубину в деятельном слое. В этом случае отпадает необходимость взаимодействия с мерзлым грунтом, но остаётся опасность воздействия сил морозного пучения на фундамент.

В данном случае может произойти как разрыв фундамента, так и его частичное выпучивание из грунта.



**Рис.4.** Силы морозного пучения на мелкозаглубленный фундамент, устроенный выше многолетнемерзлого основания

Во втором случае силы морозного пучения усиливаются в районах многолетней мерзлоты, так как появляются дополнительные выталкивающие силы реакции со стороны многолетнемерзлого грунта, что устраняется в **третьем случае**, где мелкозаглубленный фундамент устраивается на некотором расстоянии ниже границы деятельного и многолетнемерзлого слоёв:



**Рис.5.** Фундамент мелкого заложения, устроенный на многолетнемерзлом основании

В данном случае фундамент имеет пирамидальную форму и не подвержен силам морозного пучения снизу, что направляет силы морозного пучения преимущественно вниз(или на сдавливание фундамента), в сторону более прочного и недеформируемого

мерзлого основания, позволяя избежать деформаций, а утолщение фундамента к низу уменьшает вероятность его разрыва.

## **ВЫВОДЫ**

В ходе исследования были изучены различные варианты устройства фундамента в районе многолетнемерзлых грунтов. По результату исследования было выявлено, что наиболее технико-экономически выгодным вариантом является фундамент мелкого заложения пирамидальной формы, расширяющейся к низу. При этом глубина заложения должна быть несколько ниже деятельного слоя.

Несмотря на то, что выбранный вариант является оптимальным, в процессе проектирования для каждого проекта стоит производить технико-экономическое сравнение вариантов фундаментов и их заложения для конкретных геологических условий.

В дальнейших исследованиях необходимо определить величину, на которую фундамент необходимо заглубить ниже деятельного слоя в условиях деградации многолетнемерзлого грунта вследствие глобального потепления и подобрать оптимальную форму фундамента для различных типов зданий.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Н.А.Цытович Механика грунтов ММ-1963г.
2. Сумгин М.И., Качурин С.П., Толстихин Н.И., Тумель В.Ф. Общее мерзловедение, М.: Изд-во АН СССР, 1940. - 340 с.
3. А.В. Макаров, А.В. Журавлев, В.Ю. Тянь Особенности строительства фундаментов в вечномёрзлых грунтах 2019г.
4. Т.В. Охлопкова, Г.Р. Гурьянов, А.А. Плотников Строительство и проектирование зданий и сооружений в условиях вечной мерзлоты 2018г.
5. Салиндер Э.М. Исследование деградации многолетней мерзлоты в Тазовском районе ЯНАО // Сборник тезисов VI региональной молодёжной конференции им. В.И.Шпильмана "Проблемы рационального природопользования и история геологического поиска в Западной Сибири". - пос. Тазовский: Общество с ограниченной ответственностью «Югорский формат» (Ханты-Мансийск), 2018
6. З.Г.Гер-Мартirosян Механика грунтов АСВ М. 2005
7. С.С. Вялов Реология мерзлых грунтов / С. С. Вялов; Под ред. В. Н. Разбегина. - М. : Стройиздат, 2000. - 463 с. : ил.; 21 см.; ISBN 5-274-02186-7
8. Я.А. Кроник Анализ аварийности и безопасности геотехнических систем в криолитозоне пятая конференция геокриологов России Москва, 14-17 июня 2016 г.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

**Талалаев Н.С.**

студент 3 курса 1 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научный консультант: Н.Г.Лобачева**

К.т.н. доцент кафедры МГиГ НИУ МГСУ

### **Аннотация:**

**Предмет исследования:** Конструкции свайных фундаментов на подрабатываемых территориях

**Цель:** Рассмотреть типы свайных фундаментов, реализующие различные принципы защиты от влияния подземных горных выработок .

**Материалы и методы:** описательный, изучение и обобщение литературных источников.

**Результаты исследования:** приведены три типа конструкций свайных фундаментов, применяемых на подрабатываемых территориях. Тип 1 - свайный фундамент под колонну без защиты от влияния подземных горных выработок. Тип 2 - свайный фундамент с защитой от горизонтальных деформаций земной поверхности. Тип 3 - свайный фундамент с регулируемым положением в плане.

**Выводы исследования:** представленные типы свайных фундаментов реализуют различные принципы защиты от влияния подземных горных выработок (принцип податливости, принцип жесткости, принцип исправления положения конструкций в процессе эксплуатации). Однако, вследствие огромного многообразия типов грунтовых оснований ни одна из конструкций свайных фундаментов не является универсальной и используется на тех или иных подрабатываемых территориях.

**Ключевые слова:** подрабатываемые территории, свайные фундаменты, принцип податливости, принцип жесткости, принцип исправления положения конструкций в процессе эксплуатации.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В наше время довольно часто здания и сооружения приходится размещать на участках с чрезвычайно плохой геологией. Строительство на таких участках наиболее рационально и



экономично с использованием свайных фундаментов, которые показали свою эффективность при массовой застройке угленосных и других площадей с залеганием полезных ископаемых в недрах Земли. Применение свай на грунтах с низкой несущей способностью, а также на подрабатываемых территориях дало возможность застройки жилых, общественных, промышленных зданий и сооружений для благоприятного функционирования городов-добытчиков полезных ископаемых и не только.

Подрабатываемые территории – это территории под которыми выполняют или намечают вести подземные горные разработки угля или других ископаемых. Строительство на такой местности требует высокопрофессиональных работников, так как вследствие выемки нижних пластов происходят оседания, прогибы, наклоны, горизонтальные смещения и другие деформации, которые могут вызвать повреждение или разрушение зданий и сооружений расположенных над выработками шахт.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

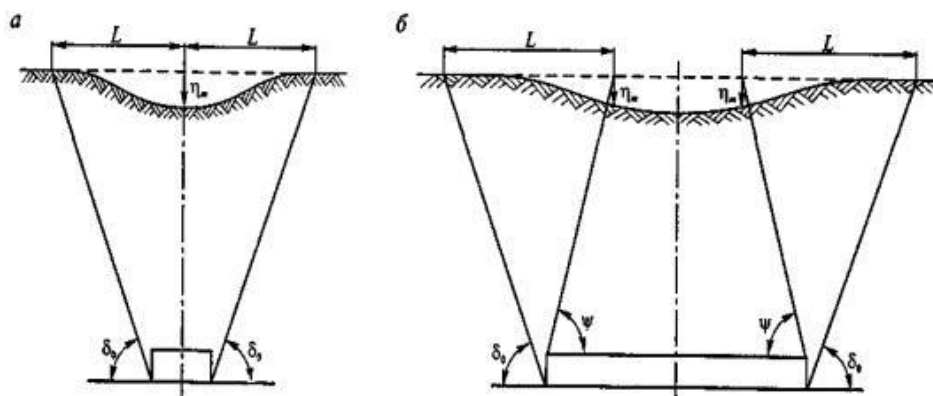
Авторы [1] рассматривают основные современные направления и перспективы подземного строительства. В работах [2-6] приведены требования к расчетам и конструкциям свайных фундаментов на подрабатываемых территориях. Авторы [7] приводят какие территории относятся к подрабатываемым и на какие группы они подразделяются. В [8] рассмотрены основные виды деформаций сооружений на подрабатываемых территориях и способы защиты зданий от вредного влияния горных работ.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Методы исследования: описательный, изучение и обобщение литературных источников.

При проектировании свайных фундаментов на подрабатываемых территориях должны соблюдаться требования СП 50-102-2003 “Проектирование и устройство свайных фундаментов” и СП 21.13330.2012 “Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах”, а также учитываться данные горно-геологических изысканий и сведения об ожидаемых деформациях земной поверхности.

В следствие выемки полезных ископаемых подземным способом в образовавшуюся полость смещаются покрывающие его толщи пород, а на земной поверхности образуется чашеобразная впадина, которая называется мульдой сдвижения.



**Рис.1.** Основные параметры мульды сдвижения:

а – разрез поперек (неполная подработка); б – разрез вдоль объекта (полная подработка);  $\psi$  – угол сдвижения;  $\eta_0$  – оседание при полной подработке;  $\delta_0$  – граничный угол сдвижения

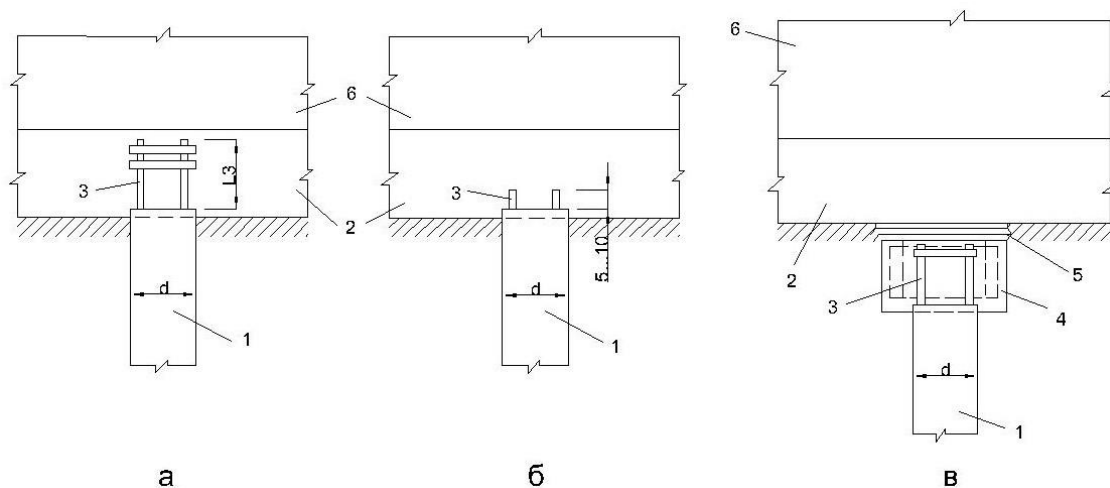
Размеры в мульды зависят от ряда факторов: толщины пласта, его угла падения, глубины разработки, размеров выработки вдоль и вкrest простирания пласта, толщины наносов, физико-механических свойств пород и т.д. В зависимости от глубины разработки деформации земной поверхности могут проявляться в виде провалов, возникающих при выемке угля на небольших глубинах, уступов и трещин, возникающих при выемке крутопадающих пластов, а также в виде плавных оседаний.

Главной изюминкой подрабатываемых территорий в отличие от других грунтовых условий, являются горизонтальные деформации земной поверхности в зоне влияния подработки территории. Они возникают вследствие трения и сцепления фундаментов с грунтом, вызывают в возведенных конструкциях растяжение, сжатие, изгиб и скашивание, оказывают неблагоприятное воздействие на свайный фундамент, снижая его несущую способность. Деформации земной поверхности, вызванные горизонтальными выработками, являются факторами нагрузки для несущих конструкций и сооружений, а их воздействия на конструкции относят к числу особых.

Чтобы их избежать используют следующие схемы свайных фундаментов:

а) жесткие – при жесткой заделке голов свай в ростверк путем заанкеривания в нем выпусков арматуры свай или непосредственной заделки в нем головы сваи;

б) податливые – при условно-шарнирном сопряжении сваи с ростверком, выполненном путем заделки ее головы на 5-10см или сопряжения через шов скольжения [6].



**Рис.2.** Схемы сопряжения голов свай с ростверком:

а – жесткая заделка; б – шарнирное сопряжение; в – сопряжение через шов скольжения; 1 – свая; 2 – ростверк; 3 – выпуски арматуры из свай ( $L_3$  – длина заделки по расчету); 4 – армирование оголовка сваи; 5 – шов скольжения; 6 – стена.

Обычно сваи и свайные фундаменты рассчитывают по предельным состояниям двух групп. По предельным состояниям первой группы определяют несущую способность свай по грунту, прочность материала свай и ростверков, устойчивость свай и фундаментов; по предельным состояниям второй группы рассчитывают осадки оснований свайных фундаментов, горизонтальные перемещения свай и фундаментов, образование или раскрытие трещин в железобетонных сваях и ростверках. В случае, когда мы проектируем свайные фундаменты на подрабатываемых территориях, их нужно рассчитывать на внецентральное сжатие с учетом усилий от воздействия горизонтальных перемещений, наклона, ветровой нагрузки и внецентрального действия вертикальной нагрузки, а при повышении дополнительных выдергивающих нагрузок над сжимающими нагрузками – на внецентральное растяжение. При этом свая рассматривается как стержень, жесткозащемленный в грунте [2].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе исследования было изучено и рассмотрено несколько вариантов устройства свайных фундаментов на подрабатываемых территориях:

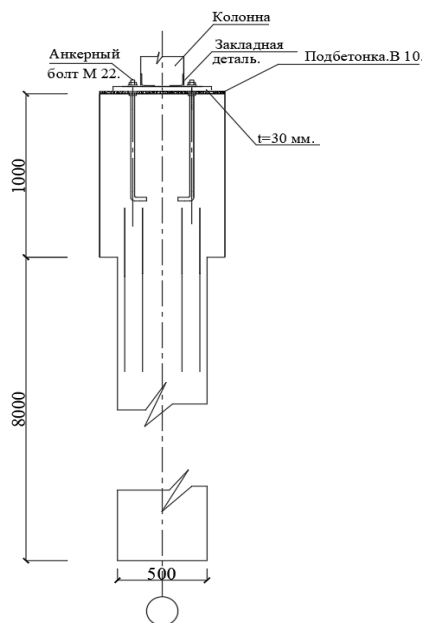
Пример 1. Свайный фундамент под колонну без защиты от влияния подземных горных выработок (рис.3.).

Данное техническое решение представляет собой 8-ми метровую сваю с частичным армированием, так как нагрузки небольшие. Металлическая колонна крепится к стальному

листу 550х550 мм и толщиной 30 мм закладными деталями.(2L N8) в свою очередь фундаментная плита крепится к оголовку анкерными болтами диаметром 22 мм.

Для обеспечения прочности свайного фундамента необходимо принять следующие конструктивные параметры: арматура класса А-III Ø 22 мм, бетон класса В 15, сталь С235.

Данная конструкция фундамента предусматривает передачу дополнительных (вертикальных, горизонтальных, моментных) нагрузок на конструкцию покрытия.



**Рис.3.** Свайный фундамент без защиты от влияния подземных горных выработок.

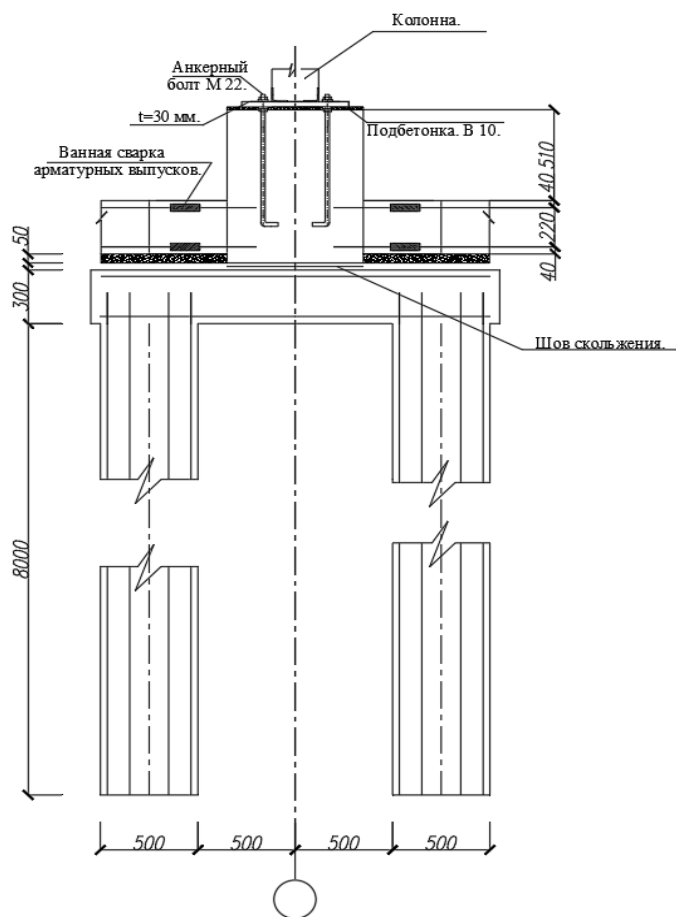
Пример 2. Свайный фундамент с защитой от горизонтальных деформаций земной поверхности (рис.4.).

В качестве традиционных мер защиты рассмотрен вариант устройства между свайными фундаментами фундаментных связей- распорок.

Для обеспечения работы связей-распорок на центрально направленные усилия устраиваются шарниры по их концам, а под подошвой подготовка из легко сжимаемого материала. Указанным материалом может служить смесь, состоящая из равных частей мятой жирной глины и мелких древесных опилок. Толщина подготовки 50 мм.

Шарнирность соединений связей-распорок с отдельно стоящими фундаментами достигается за счет расположения арматуры, выпуски которой соединяются ванной сваркой с выпусками из фундаментов и замоноличиваются бетоном.

Анкеровка выпусков арматуры в связях и фундаментах производится согласно главе СП 63.13330.2012 “Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения”. Площадь поперечного сечения выпусков принимается равной площади поперечного сечения рабочей арматуры связей-распорок.



**Рис.4.** Свайный фундамент с защитой от горизонтальных деформаций земной поверхности.

Поверхности замоноличенных бетоном шарнирных соединений дважды покрываются битумом вязкой консистенции с целью предохранения арматуры от коррозии при раскрытии трещин в бетоне.

В пределах сооружения связи-распорки располагают на одной отметке путем заложения фундаментов на одинаковой глубине.

Поперечное сечение связей-распорок принято из условия расположения арматуры.

Ростверк разделяется по высоте на 2 части горизонтальным швом скольжения. Шов скольжения состоит из 2<sup>х</sup> слоев пергамина с прослойкой молотого графита. При этом плоскость шва скольжения должна быть тщательно выровнена. Отклонения размеров шва по вертикали допускаются не более 5 мм на 1 м длины шва.

При данном варианте невозможно устанавливать одну сваю, так как конструкция потеряет устойчивость. Поэтому выполняются 2 сваи с ростверком.

Такое конструктивное решение не исключает угловые перемещения фундаментов и не в полной мере исключает горизонтальные перемещения фундаментов.

Пример 3. Свайный фундамент с регулируемым положением в плане (рис.5.).

В качестве нетрадиционной меры защиты рассмотрено следующее конструктивное решение.

Отрывается котлован. В котловане возводится двух свайный фундамент. Ростверк разделяется по высоте на 2 части горизонтальным швом скольжения. Шов скольжения состоит из 2<sup>x</sup> слоев пергамина с прослойкой молотого графита. При этом плоскостность шва скольжения должна быть тщательно выровнена. Отклонения размеров шва по вертикали допускаются не более 5 мм на 1 м длины шва.

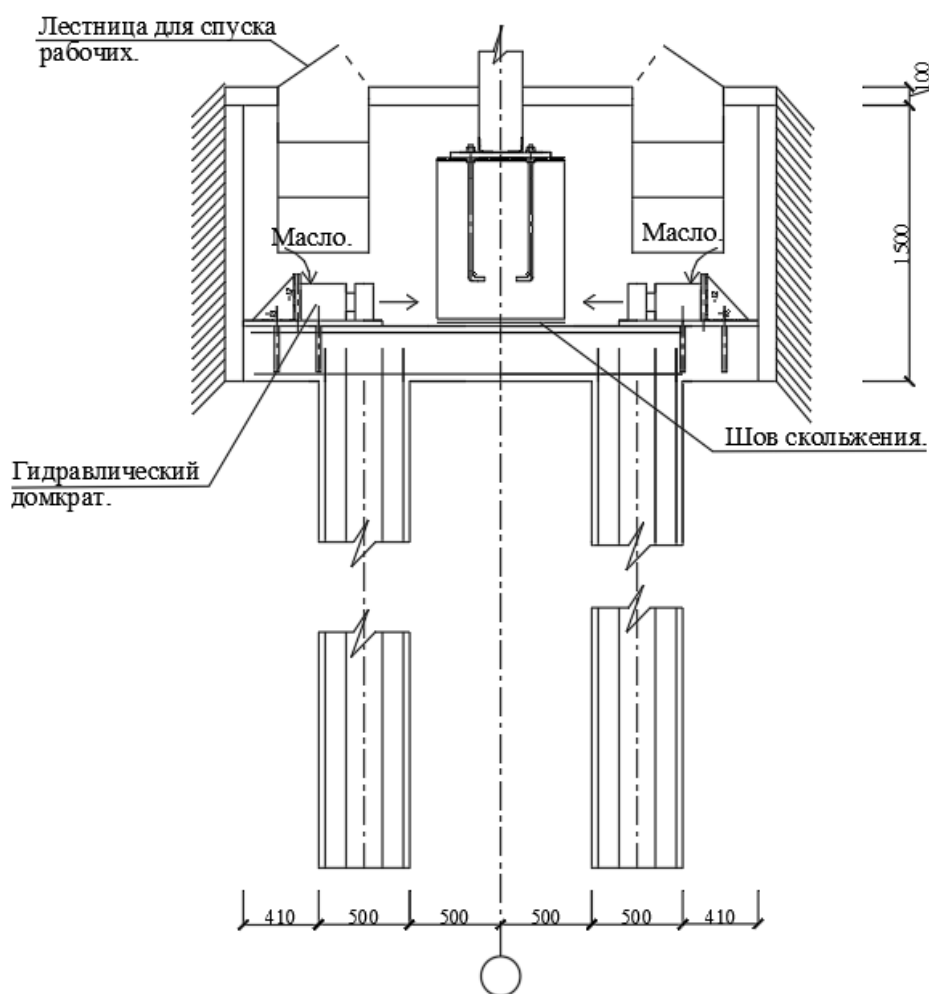
Наибольшее горизонтальное перемещение составляет приблизительно 300 мм.

С каждой стороны фундамента ставится гидравлический домкрат на расстоянии не менее 300 мм от боковой грани фундамента. Гидравлический домкрат ставится на стальную плиту толщиной 30 мм. Для того чтобы избежать сдвига гидравлического домкрата в противоположную от подошвы фундамента сторону к стальной пластине приваривается встык стальной лист толщиной 30 мм. Стальная плита с домкратом крепится к подбетонке с помощью анкеров Ø 25 мм, которые привариваются к плите, а потом замоноличиваются.

В данной конструкции предусмотрены лестницы для спуска рабочих в котлован.

Принцип работы данной конструкции: при смещении фундамента рабочие спускаются в колодец и перемещают поршень домкрата на величину смещения. Фундамент возвращается в исходное положение.

Данное техническое решение обеспечивает ремонтпригодность сооружения и исключает возможные перемещения фундаментов



**Рис.5.** Свайный фундамент с регулируемым положением в плане.

## ВЫВОДЫ

1. Представленные типы свайных фундаментов реализуют различные принципы защиты от влияния подземных горных выработок.

Принципы податливости. В этом варианте фундаменты разработаны без конструктивных мер защиты от влияния подземных горных выработок. При этом предполагается, что дополнительные усилия, вызванные горизонтальными перемещениями фундаментов, воспринимаются конструкциями покрытия.

Принцип жесткости предполагает частичную локализацию горизонтальных перемещений фундаментов за счет устройства между ними фундаментных связей – распорок. В связи с тем, что проектируемые фундаментные связи-распорки имеют криволинейное очертание в плане, горизонтальные перемещения фундаментов при таком решении локализуются лишь частично. Таким образом, в конструкциях покрытия будут возникать дополнительные усилия от горизонтальных деформаций земной поверхности.

Принцип исправления положения конструкций в процессе эксплуатации. Предполагает опирание подколонника на фундаментную плиту или ростверк посредством линейно-подвижного сопряжения с компенсационной способностью до 300 мм. Исправление положения фундаментов в горизонтальной плоскости осуществляется в процессе эксплуатации сооружения по результатам мониторинга.

2. Вследствие огромного многообразия типов грунтовых оснований ни одна из конструкций свайных фундаментов не является универсальной и используется на тех или иных подрабатываемых территориях.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пономарев А.Б., Винников Ю.Л. Подземное строительство: учеб. пособие для вузов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 262 с.
2. Сорочана Е.А., Трофименкова Ю.Г. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения – М.: Стройиздат, 1985. – 82с.
3. Носков И.В. Особенности взаимодействия свайных фундаментов с деформированными при подработке основанием – Изд. Ленинград, 1984. – 150с.
4. Руководство по проектированию свайных фундаментов – М.: Стройиздат, 1980. – 149с.
5. Милюков Д.А., Петраков А.А. Строительство и защита жилых и гражданских зданий на подрабатываемых территориях – Киев: Будивельник, 1981. – 104с.
6. Золотозубов Д.Г., Пономарев А.Б., Сычкина Е.Н. Строительство на подрабатываемых и карстоопасных территориях: учеб. пособие для вузов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 137 с.
7. Юшков Б. С., Сергеев А. С., Дильмухаметов А. Р. Строительство автомобильных дорог на подрабатываемой территории //Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. – 2015. – Т. 1. – С. 413-417.
8. Греков А. Д. и др. Деформации сооружений на подрабатываемых территориях г. Шахты //International innovation research. – 2017. – С. 69-71.



## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ**

**Шарипова Л.С.**

студентка 3 курса 5 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научные консультанты: Манько А.В.**

к.т.н., доцент кафедры МГиГ НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В данной статье рассмотрена история развития, а также становление актуальных на сегодняшний день геомеханических классификаций скальных грунтов. Проанализированы характерные особенности каждой из них. Выявлена и обоснована необходимость совместного использования нескольких классификаций

### **Ключевые слова:**

Геомеханические классификации, горный массив, скальные грунты, качество породы

### **ВВЕДЕНИЕ**

На стадии технико-экономического обоснования и предварительного проектирования проекта, когда имеется очень мало конкретной информации о массиве горных пород и его напряженно-деформированных и гидрологических характеристиках, использование системы классификации горных пород может принести значительную пользу. Одна или несколько классификационных систем горных пород могут быть использованы для построения картины состава и характеристик массива горных пород для обеспечения первоначальных оценок потребностей в поддержке и для обеспечения оценки прочностных и деформационных свойств массива горных пород.

Важно понимать ограничения систем классификации горных пород и то, что их использование не заменит (и не может) некоторые более сложные процедуры проектирования, а также требует доступ к относительно подробной информации о местных напряжениях, свойствах массива горных пород и планируемой последовательности разработок. Ничего из этого не доступно нам на ранней стадии. По мере того как мы получаем эту информацию, использование классификаций горных пород следует обновлять и использовать в сочетании с анализом конкретных площадок.

Большинство многопараметрических классификационных систем (Викхам (1972), Бенявски (1972), Бартон (1973, 1989)) были разработаны на основе историй гражданского строительства, в которые были включены все компоненты инженерно-геологического характера горной массы. На основе способа характеристики эти системы можно сгруппировать на качественные и количественные. Качественные, то есть описательные системы включают GSI (индекс геологической прочности), нагрузку на породу, в то время как Q, RMR, RSR и RQD системы являются количественными.

Различные системы классификации придают различные акценты различным параметрам, и рекомендуется использовать, по крайней мере, два метода на любом объекте на ранних стадиях проекта.

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ МАССИВОВ ТЕРЦАГИ**

Самая ранняя ссылка на использование классификации горных массивов для проектирования туннельных крепей содержится в работе Терцаги (1946), в которой нагрузки на горные породы, переносимые стальными наборами, оцениваются на основе описательной классификации. Хотя включение подробностей классификации Терцаги в это обсуждение конструкции опоры не принесло никакой пользы, было интересно изучить описания горного массива, включенные в его оригинальную работу, поскольку он обращает внимание на те характеристики, которые доминируют в поведении горного массива, особенно в ситуациях, когда гравитация является доминирующей движущей силой.

## **КЛАССИФИКАЦИЯ RQD**

Обозначение качества породы (RQD) было разработано Диром в 1964 году, но опубликовалось спустя три года, когда информация о качестве породы была доступна только от геологических изысканий и исследований, в качестве показателя количественной оценки качества породы. Данная классификация является простой и дешевой.

RQD - это модифицированный процесс извлечения керна, который включает в себя только прочные куски керна длиной 100 мм или более вдоль его оси. Установлено, что его недостаточно для адекватного описания массива горных пород (Бенявски, 1984).

$$RQD = \frac{\text{сумма кусков керна} \geq 10 \text{ см}}{\text{общее количество выработки}}$$

RQD чувствителен к ориентации серии трещин относительно ориентации керна; то есть серия трещин, параллельная оси керна не будет пересекать его, если только буровое отверстие не будет проходить вдоль соединения. Соединение, установленное перпендикулярно оси керна, будет пересекать его ось с интервалами, равными расстоянию между трещинами. Для

промежуточных координат расстояние стыковых пересечений с керном будет косинусной функцией угла между стыками и осью керна.

Типичные проблемы с RQD:

- Предельная длина 10 см является условной.
- Ограничительная длина 10 см является «резкой границей». Хак (2002) привел простой, но показательный пример: керн в горной массе, включающий идеально равномерно распределенные трещины на расстоянии 9 см показывает RQD 0% (просверленный перпендикулярно к трещинам); если расстояние чуть больше 10 см - RQD составляет 100%. Граница в 10 см основана на большом опыте.
- RQD подвергается смещению из-за ориентации измерений.
- Так же на RQD влияет буровое оборудование, размер оборудования, обработка керна, опыт персонала и так далее.

## КЛАССИФИКАЦИЯ RSR

Новая концепция Викхама (1972) RSR стала шагом вперед в ряде аспектов: во-первых, она это была количественная классификация, в отличие от качественной классификации Терцаги; во-вторых, это была классификация горной массы, включающая в себя множество параметров, в отличие от индекса RQD, который ограничен качеством ядра; в-третьих, это был законченная классификация, имеющая входные данные и результат, в отличие от классификаций, которые опираются на практический опыт, чтобы выбрать класс горной пород и затем выдают результат с точки зрения интервала и продолжительности временной устойчивости взорванной породы.

## КЛАССИФИКАЦИЯ RMR

Геомеханическая классификация или система оценки массива горных пород (RMR) была первоначально разработана в Южноафриканском совете научных и промышленных исследований (CSIR) Бенявским (1973) на основе его опыта в неглубоких туннелях в осадочных породах (Кайсер, МакКей, Гейл, 1986). С тех пор классификация много раз менялась:

в 1974 году сокращение параметров классификации с 8 до 6;

в 1975 году корректировка рейтингов и снижение рекомендуемых требований к поддержке;

в 1976 году изменение границ классов до четных 20;

в 1979, принятие ISRM (1978) описания горной массы, и так далее.

Поэтому важно указать, какая версия используется, когда указаны значения RMR, и проговорить, что любые модификации и расширения были улучшением того же основного метода и не должны быть неверно истолкованы как новая система.

Следующим шагом является включение шестого параметра, а именно, зависимость от удара и ориентации разломов. Этот шаг рассматривается отдельно, потому что влияние ориентаций разрывов зависит от типа двигателя, технического применения, будь то туннель, шахта, склон или фундамент.

Важно, что "ценность" параметра "ориентация разрыва" задается не в количественных терминах, а с помощью качественных описаний, таких как «благоприятный».

Таким образом, система RMR очень чувствительна к отдельным параметрам, потому что в пределах одного класса скального массива, такого как "хороший камень", существует большая разница между RMR = 80 и RMR = 61.

## КЛАССИФИКАЦИЯ Q

Братон, Льен, Ланди (1974) в Норвежском геотехническом институте (NGI) первоначально предложили Q-систему классификации массива горных пород на основе приблизительно 200 историй туннелей и пещер. Ее целью является характеристика массива горных пород и предварительное эмпирическое проектирование системы поддержки для туннелей и пещер. Есть 1260 случаев, чтобы доказать эффективность этого подхода к проектированию; это лучшая система классификации для туннельных опор.

Формула для расчета классификационного параметра Q представлена ниже:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \frac{J_r}{J_a} \frac{J_w}{SRF}$$

где RQD – показатель качества горной породы (RQD – rock quality designation);  $J_n$  – показатель количества систем трещин;  $J_r$  – показатель шероховатости трещины;  $J_a$  – показатель трансформации контактных условий по трещине;  $J_w$  – показатель учитывающий влияние обводненности трещины на условие контакта по трещине; SRF – показатель учитывающий соотношение между напряжениями, действующими в породном массиве и прочностью породы

Качество горной массы (Q) является очень чувствительным показателем, и его значение варьируется от 0,001 до 1000. Использование Q-системы особенно рекомендуется для туннелей и пещер с арочной крышей. На основе этой системы массивы горных пород делятся на девять категорий

Таблица 1. Классификация горного массива, основанная на показателе Q

Q	Классификация
0.001-0.01	Чрезвычайно слабая
0.01-0.1	Особенно слабая
0.1-1	Очень слабая
1-4	Слабая
4-10	Удовлетворительная
10-40	Хорошая
40-100	Очень хорошая
100-400	Особенно хорошая
400-1000	Чрезвычайно хорошая

### КЛАССИФИКАЦИЯ GSI

Хук в 1994 году ввел индекс Геологической прочности (GSI) как способ облегчить определение свойств горных массивов как твердых, так и слабых пород для использования в горной инженерии. GSI был получен в результате объединения наблюдений за состоянием массива горных пород (описания Терцаги) с отношениями, разработанными на основе опыта, полученного с использованием RMR-системы. Эта простая, быстрая и надежная система представляет собой нелинейную зависимость для слабой горной массы, может быть настроена на компьютерное моделирование горных структур и может обеспечить средства для количественной оценки как прочностных, так и деформационных свойств горной массы.

В своей примитивной форме GSI соотносится между четырьмя основными интенсивностями разрушения массива горных пород и соответствующим качеством этих поверхностей разрыва. Структура горной массы варьировалась от блочной (кубические блоки, образованные 3 ортогональными соединительными наборами) до дробленой с плохо сцепленными угловыми и округлыми блоками. Условия поверхности варьировались от очень шероховатых, не выветриваемых и сцепленных до скользких с глинистыми покрытиями или более толстой глинистой начинкой.

GSI был разработан в первую очередь для использования в качестве инструмента для оценки параметров в критериях прочности Хука-Брауна для горных пород, а также деформируемости и прочности горных пород с использованием соотношения, модифицированного из других систем классификации. Поскольку одноосная прочность горного материала используется в качестве основного параметра в критериях прочности Хука-Брауна, то этот параметр прочности горной породы не включается в GSI. Согласно им для

массивов горных пород надлежащего качества ( $GSI > 25$ ,  $RMR > 23$ ) значение  $GSI$  может быть оценено по значению  $RMR$  оценки массива горных пород как:

$$GSI = RMR_{89} - 5$$

где  $RMR_{89}$  является базовой величиной  $RMR$  (Версия 1989 года Бенявски (1989), имеющий рейтинг подземных вод 15 (сухой), и корректировка для совместной ориентации в положении 0 (очень благоприятный)).

Для пород низкого качества  $GSI$  можно оценить по значениям  $Q$  (Бартон, 1974), используя следующее соотношение.

$$GSI = 9 \ln Q' + 4$$

где  $Q'$  – модифицированный индекс качества туннелирования  $(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a)$ .

Для пород очень низкого качества ( $GSI < 25$ ) корреляция между  $RMR$  и  $GSI$  более не является надежной, поэтому классификация  $RMR$  не должна использоваться для оценки значений  $GSI$  таких пород (Хук и Браун, 1997).

## КЛАССИФИКАЦИЯ N

Массовое число горных пород  $N$  – это значение качества горного массива  $Q$ , когда  $SRF$  устанавливается на 1 (т. е. нормальное состояние, снижение напряжений не учитывается). Его эффективно используют для прогнозирования сдвигания и его интенсивности в подземных выработках.

$$N = (RQD/J_n) * (J_r/J_a) * J_w$$

$$N = Q (SRF = 1)$$

Трудность получения коэффициента снижения напряжения  $SRF$  и его нечувствительность из-за широкого диапазона в  $Q$ -системе благоприятствует использованию именно системы  $N$ , которая отделяет влияние местных напряжений от качества горной массы.

Массовое число горных пород может быть эффективно использовано для прогнозирования сдвигания и его интенсивности в подземных выработках.

Следующее уравнение представляет собой условие обжатия грунта:

$$N = (275N^{1/3})B^{-0.1},$$

где  $H$  – глубина туннеля или перекрывающие породы (м),  $B$  – пролет или диаметр туннеля (м).

Слабое обжатие происходит при:  $(275N^{1/3})B^{-0.1} < H < (450N^{1/3})B^{-0.1}$

Умеренное обжатие происходит при:  $(450N^{1/3})B^{-0.1} < H < (630N^{1/3})B^{-0.1}$

Сильное обжатие происходит при:  $H > (630N^{1/3})B^{-0.1}$

## КЛАССИФИКАЦИЯ RMI

Самой последней на данный момент классификацией является индекс массы горных пород, который в 1997 был предложен Палмстромом для характеристики прочности горных пород как строительного материала.

$$Rmi = \sigma_c * JP$$

где  $\sigma_c$  – одноосная прочность на сжатие неповрежденного горного материала в Мпа, JP – параметр соединения (состоит из 4 характеристик соединения: объем блока/плотность соединения, шероховатость соединения JR, размер соединения JL и изменение соединения JA). JP-восстановительный коэффициент, представляющий влияние соединения на прочность массива горных пород. Равен 1 для нетронутого массива и 0 для щебня.

RMI можно легко использовать для грубых оценок на ранних стадиях технико-экономического обоснования проекта. Эта система предлагает ступенчатую систему, пригодную для инженерного суждения. Таким образом, использование параметров в RMI может улучшить входные данные в других системах классификации. Эта классификация охватывает широкий диапазон вариаций горной массы; следовательно, она имеет более широкое применение, чем другие системы классификации.

## ВЫВОДЫ

Классификация Дира 1967 представляет собой определение качества пород RQD, это простой и практический метод описания качества породы, взятой из скважин. Концепция строения скальных пород RSR, разработанная в США Викхамом была первой системой обеспечивающей определением относительной важности классификационных параметров. Геомеханическая классификация Бенявского RMR и система Бартон Q разрабатывались самостоятельно и обе обеспечивали количественными данными для подбора мер по укреплению тоннелей, такие как болты и торкреты. Система Q создана специально для тоннелей и склонов

Стоит отметить, что каждая классификация использует набор параметров, отличающихся от других классификаций. Именно поэтому не рекомендуется оценивать ценность одной классификации по сравнению с другой.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романа, М., Серон, Дж.Б., Монталар, Е., 2003, SMR Геомеханические классификации: Применение, опыт и аттестация: ISRM, Технологическая дорожная карта для механики горных пород, Южноафриканский институт горного дела и металлургии.

2. Беньявски З. Т. 1989. Инженерные классификации горных пород. Нью-Йорк: Уайли
3. Картер, Т, 1992. Прогнозирование и неопределенности в инженерно-геологических оценках и оценке характеристик горных пород. Турин. Статья 1.
4. Дир, Д. У. и Дир, В. Д. 1988. Индекс обозначения качества горных пород (RQD) на практике. В системах классификации горных пород для инженерных целей, (изд. Л. Киркалди), ASTM Special Publication 984, 91-101. Филадельфия
5. Лобшер, Д. 1977. Геомеханическая классификация сочлененных массивов горных пород-горное дело.
6. Айдан, О., Улусай, р. и Токасики, Н., 2014. Новая система оценки качества массива горных пород: оценка качества массива горных пород (RMQR) и ее применение для оценки геомеханических характеристик массива горных пород: механика горных пород,
7. Хук, Э, Маринос, П., Бенасси, М., 1998, применимость классификации индекса Геологической прочности (GSI) для очень слабых и срезанных горных пород. Случай Афинской сланцевой формации: Вестник инженерной геологии и окружающей среды
8. Палмстром, А., А., 1995, RMi-система характеристики горной массы для инженерных целей горных пород, Университет Осло, Норвегия.



**СЕКЦИЯ ГИДРАВЛИКИ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО  
СТРОИТЕЛЬСТВА**

## РАЗМЫВЫ ОТ ВОЛН ЦУНАМИ

**Куприн А.В.**

Студент 2 курса магистратуры 16 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научные консультанты: И.Г. Кантаржи**

д.т.н., профессор кафедры ГиГС НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Вызванные цунами характеристики размыва и движения отложений количественно оцениваются путем наложения гипотетического, но типичного цунами на идеализированное состояние пляжа, а именно, накат цунами на ровный пляж с равномерным уклоном и равномерными осадками. Используя эту модель, продемонстрировано, что цунами способно вызывать значительную нагрузку на донные отложения и взвесь в прибрежной зоне. Модель цунами также демонстрирует, что мгновенное разжижение возможно в течение фазы снижения уровня воды. Аналитические прогнозы для глубины размыва, вызванной поровым давлением, согласуются с прошлыми полевыми наблюдениями.

**Ключевые слова:** размывы от цунами; накат; мгновенное сжижение

### **ВВЕДЕНИЕ**

Мега-цунами, такие как цунами 2004 года в Индийском океане, редки. Поскольку теперь возможно предупреждать о таких событиях, основной стратегией уменьшения опасности цунами это эвакуация. Следовательно, большая часть усилий направлена на разработку эффективных систем предупреждения, карт наводнений и осведомленности о цунами. Однако разрушительный ущерб зданиям инфраструктуры наносит не только экономический ущерб, но также вызывает дополнительные опасные ситуации и угрожает жизни людей. Ускорение темпов строительства инфраструктуры в прибрежной зоне требует надежной методологии проектирования конструкций, устойчивых к цунами. Причины разрушения конструкции, подверженной цунами, можно разделить на три группы: 1) гидродинамические силы, 2) огонь, распространяемый плавающими материалами (в том числе горячей нефтью), и 3) размыв и опрокидывание фундамента. Этот доклад посвящен последней категории, то есть вызванному цунами размыву.

Во многих полевых исследованиях, проведенных в период с цунами в Никарагуа 1992 года до недавнего цунами в Индийском океане в 2004 году, были обнаружены многочисленные свидетельства размыва вокруг поврежденных зданий и фундаментов мостов. Судя по схеме опрокидывания, размыв около сооружения должен быть результатом быстрых канализованных потоков во время понижения уровня. Обратите внимание, что, в отличие от процесса наката волны цунами, снижение уровня имеет место, как правило, в низких и слабых местах, концентрируя поток, который постепенно образует дренажные каналы. Во время цунами в Окусири в 1993 году между волноломами у входа в порт была образована яма размыва глубиной 4 метра, в результате чего волнолом опрокинулся из-за разрушения фундамента [1]. В более широком масштабе условия потока, возникшие в результате чилийского цунами 1960 года, образовалась яма размыва глубиной более 8 м у входа в порт Кесен-Нума, Япония [2].



Рис.1. Разрушение фундамента волнолома вследствие цунами, Окусири, Япония, 1993 г.

Локальный размыв из-за цунами наносит вред особенно на неглубоком основании. Несмотря на относительно короткое время, цунами может привести к размыву материалов вокруг зданий, что приводит к разрушению [3].

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Для написания данной работы использовались научные статьи специалистов из Индии, США и Японии, а также технические отчеты Японии.

Основными источниками, раскрывающими теоретические основы размывов у конструкций от волн цунами, явились работы Триатмаджа Р. [3], Йена Х. [7] и Тонкина С. [8]. В данных источниках рассмотрены различные факторы, влияющие на размыв от волн цунами.

На основе работ Клакей Е.Ц. [5] и Шумера Б.М. [6] были рассмотрены механизмы потери устойчивости конструкций, связанные с мгновенным сжижением.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Модель цунами выбирается таким образом, чтобы параметры воздействия представляли реалистичные гидродинамические условия (например, скорости потока и глубины) типичного цунами. Как и ожидалось, нет доступных полевых данных для обеспечения полных временных и пространственных изменений поля потока. К сожалению, никакие лабораторные эксперименты не могут дать такие данные. Это происходит потому, что настоящее цунами очень длинное (несколько сотен километров) на мелководье (несколько километров в глубине от берега) с небольшой амплитудой (несколько метров) - результирующее экстремальное искажение в горизонтальной и вертикальной шкалах длины делает лабораторные эксперименты чересчур огромными, если не невозможными. Следовательно, используются численные или аналитические модели для получения данных [4].

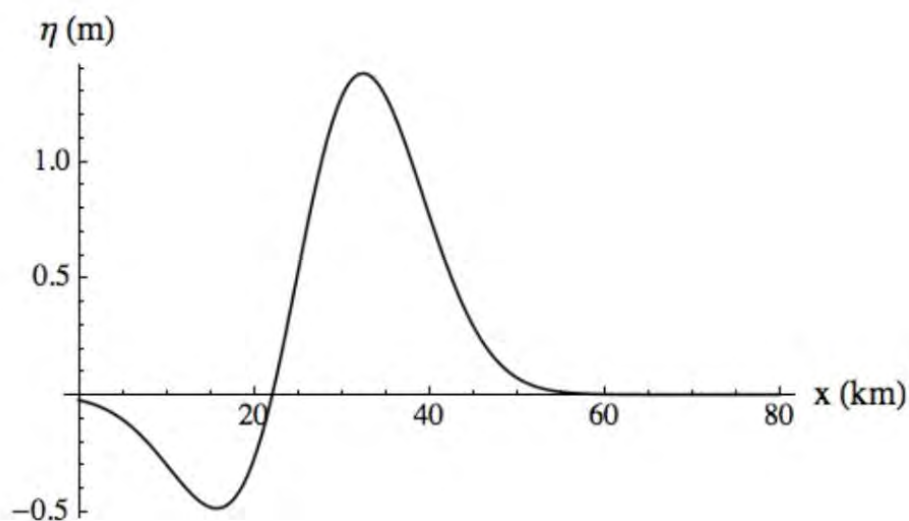


Рис. 2. Начальная форма модели волны цунами

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Хотя механизмы образования размыва под воздействием цунами кажутся схожими с механизмами, вызванными штормовыми волнами, есть некоторые различия. Штормовые волны имеют много циклов с периодом менее десятков секунд. Цунами, как правило, имеют один или несколько циклов с периодом в минуты или десятки минут. Кроме того, типичное

расстояние затопления цунами составляет несколько сотен метров - в некоторых случаях оно простирается более чем на километр - намного больше, чем проникновение штормовой волны.

В общем, размыв описывает движение гранулированных отложений, подверженных сдвиговым силам, вызванным окружающим турбулентным потоком. Высокая скорость воды, создающая высокое напряжение сдвига на морском дне, является основной причиной размыва. Для несвязных почв (например, песков) разрушение грунта происходит, когда отношение напряжения сдвига к нормальному напряжению  $\tau/\sigma_n$  становится больше, чем тангенс угла трения. Следовательно, разрушение при сдвиге может происходить путем увеличения напряжения сдвига  $\tau$  и / или уменьшения нормального напряжения  $\sigma_n$ .

Напряжение сдвига может быть увеличено потоком. Это также вызвано наклонными поверхностями земли, а также неравномерными вертикальными нагрузками под гребнями и впадинами волн. Нормальное напряжение может быть уменьшено несколькими способами: 1) накоплением поровых давлений в почве посредством циклического напряжения сдвига (этот механизм называется «остаточным сжижением» [5], 2) быстрым снижением вертикального общего напряжения (называемого «мгновенным сжижением» [5] и 3) дренаж воды из областей с высоким или низким избыточным поровым давлением через подземные пути просачивания, которые приводят к переходной «эрозии просачивания». Шумер [6] (в качестве редактора) рассмотрел разжижение, связанное с морскими сооружениями. Когда сооружение находится в прибрежной воде, поле потока вокруг него становится сложным. Разделение потока и турбулентность в непосредственной близости от конструкции играют роль в определении нагрузки на морское дно.

Хотя механизмы движений размыва и отложений при цунами-подобных нагрузках не до конца понятны, маловероятно, что остаточное сжижение является основной причиной чрезмерного размыва цунами, поскольку цунами имеют только несколько длительных колебаний. Тем не менее, во время фазы понижения уровня воды при цунами, может быть создан вертикальный градиент избыточного порового давления, который может привести к механизму разрушения, подобному мгновенному сжижению [8].

Чтобы исследовать механизмы локального размыва на сооружения, вызванного цунами, был проведен ряд экспериментов [4]. Во время фазы наката возникала умеренная степень размыва от напряжения сдвига в постели. Максимальный размыв произошел во время фазы понижения уровня воды. Видеоизображения и данные о поровом давлении показывают, что осадки вокруг цилиндра стали сжиженными, удаляя или сильно уменьшая их способность выдерживать даже небольшие сдвиговые напряжения в пласте. Основываясь на результатах эксперимента была выдвинута гипотеза о том, что, поскольку уровень и скорость воды

уменьшаются во время процесса снижения уровня цунами, давление на морском дне уменьшается, создавая вертикальный градиент давления, который уменьшает нормальное напряжение в почве [7].

## **ВЫВОДЫ**

Движение и размыв осадков цунами обсуждаются с использованием гипотетического, но типичного цунами. Наложённые нагрузки цунами представляют собой нагрузки локального цунами, вызванные землетрясением субдукции; Такое нарушение субдукции часто создает ведущую N-волну депрессии, которая приближается к ближайшей земле. Модель цунами приводит к максимальному расстоянию затопления около 1 км, максимальной высоте разбега 4 ~ 5 м и периоду затопления около 16 минут, и все это очень типичные условия цунами [4].

Модель также продемонстрировала, что мгновенное сжижение может произойти во время фазы понижения уровня воды. Зона в открытом море более подвержена разжижению, особенно вблизи места максимального понижения уровня. Расчетная глубина размыва, приблизительно 6 м в прибрежной зоне и менее 2 м в прибрежной зоне, что находится в хорошем согласии с прошлыми полевыми наблюдениями.

Есть несколько факторов, которые остаются неисследованными для проблем отложений, связанных с цунами. Во-первых, в случае проблем, связанных с цунами, почва изначально высыхает и внезапно становится влажной на поверхности при значительном давлении воды. Почва испытывает недостаток влаги и, вероятно, остается несвязной, что делает ее особенно уязвимой для эрозии быстрыми потоками цунами. Мгновенное разжижение является более значительным для ненасыщенных почв морского дна; из-за сжимаемости воздуха, захваченного в поры ненасыщенного грунта, поровое давление не сразу реагирует на изменение высоты волны.

Другая важная физическая особенность цунами - крутой волновой фронт, связанный с образованием бора во время его фазы наката. Даже во время фазы понижения уровня, может возникнуть обратная волна прорыва. Это внезапное изменение глубины воды создает большой горизонтальный градиент давления на морском дне. Разделение потока из-за наличия конструкции должен создавать такой же большой горизонтальный градиент давления вокруг фундамента.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Hokkaido Development Bureau. 1994. Report on the Reconstruction of Port Facilities Damaged in the Hikkaido Nansei-Oki Earthquake.// Hakodate Development and Construction Department, 30pp
2. Takahashi T., Imamura, F. and Shuto, N. 1992. Research on flows and bathymetry variations by tsunami: the Case of Kesen-numa Bay, Japan, due to the 1960 Chilean Tsunami (in Japanese) // Tsunami Engineering Technical Report No. 9, Tohoku University, 185-201.
3. Triatmadja, Radianta and Hijah, Siti Nurul and Nurhasanah, Any (2011) Scouring Around Coastal Structures Due to Tsunami Surge // Proceedings Seminar Internasional, The 6th annual International Workshop & Expo on Sumatra Tsunami Disaster & Recovery 2011 in Conjunction with 4th South China Sea Tsunami Workshop. November 2011. TS3-18. ISSN 2086 – 3195
4. Yeh, H., Wenwen, L. 2008. Tsunami Scour and Sedimentation // Fourth International Conference on Scour and Erosion 2008. 95-106
5. Clukey, E.C., Kulhawy, F.H., Liu, P. L.-F. and Tate, G.B. 1985. The impact of wave loads and pore water pressure generation on initiation of sediment transport // GeoMarine Letters, 5: 177-83.
6. Sumer, B. M. (Ed) 2007. Special issue on Liquefaction around Marine Structures // Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 133, No. 1.
7. Yeh, H., Kato, F., and Sato, S. 2001. Tsunami scour mechanisms around a cylinder. Tsunami Research at the End of a Critical Decade (Ed: G.T. Hebenstreit) // Kluwer Academic Publishers. 33-46.
8. Yeh, H., Tonkin, S., Heller, E., Arduino, P., Kato, F., and Sato, S. 2004. Mechanisms of scour induced by tsunami runup // Proceedings of Second International Conference on SCOUR and EROSION, Singapore. Vol. 2, 464-471.

## ДАМБА КАК СРЕДСТВО ЗАЩИТЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЛН ЦУНАМИ

**Новаков А.Д.**

Студент 2 курса магистратуры 16 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научные консультанты: И.Г. Кантаржи**

д.т.н., профессор кафедры ГиГС НИУ МГСУ

### **Аннотация**

В данном докладе рассматривается востребованность дамбы как средство защиты от воздействия волн цунами. Описывается такое явление как цунами, причины его появления, основные параметры, а также приведена основная статистика ущерба после цунами. Описаны различные методы борьбы с цунами, такие как: оградительные сооружения различных конструкций, цунамирайонирование, система предупреждения цунами, система оповещения граждан. На основе статистики и наблюдений формируется вывод, что дамба, несмотря на то, что лишь частично гасит энергию волны всё же является очень эффективным средством борьбы.

В настоящее время вопрос о цунамиопасности является актуальным на дальнем востоке России и особенно актуальным за границей, в морских странах с высокой вероятностью землетрясений.

Цунами по праву считается одним из самых опасных стихийных бедствий. Причиной возникновения цунами является сеймотектонические подвижки дна, за счёт этих подвижек образуются видны с большим периодом, при этом распространяясь на огромные территории. Огромная массы воды может появиться даже в тех местах, где землетрясение не ощущалось, при этом попутно нанося огромный ущерб. Наиболее опасным сценарием является эффект неожиданности цунами. Такое возможно либо при ночном сценарии или если не работает система предупреждения цунами. Подобное произошло при возникновении Чилийского Цунами 12 мая в 1960 году. Было зафиксировано 61 тыс. погибших, а также в негодность пришло 450 домов на Гавайских островах. Также волна данного цунами смогла нанести ущерб Японскому побережью.

За счёт своих особенных факторов нанесения ущерба, цунами считается одним из самых неотвратимых природных явлений. В некоторых случаях оградительные сооружения не могут оставить огромные массы воды, накатывающие на берег. Иногда высота заплеска может



превышать 10 м, а в местах где выражен мелководных шельф или в устьях рек волна может приобрести форму бора. Перемещаясь с большой скоростью вглубь берега, данный водный массив накапливает огромную динамическую энергию, параллельно разрушая на своём пути дома, строения, суда и прочий транспорт. Самой действенной мерой против цунами являются мероприятия по экстренной эвакуации населения в безопасные места, а также увод судов в открытое море. Однако всё это не имеет никакого смысла без оперативного прогноза цунами, что является первым по важности в случае вопроса защиты от цунами.

Несмотря на то что защитные дамбы не могут подавить (погасить) всю волну цунами, они всё же выполняют важную функцию – гашение части энергии волны цунами, а также противодействие таким явлениям как сейши, приливы и штормовые приливы, штормовое волновое воздействие, эрозия береговой линии из-за прибрежных морских течений и сезонные изменения уровня воды в замкнутых водоёмах.

Некоторые данные по историческим волнам цунами и нанесенных ущербах даны в таблицах 1 и 2. А на рис.1. показаны последствия разрушения цунами 2011 в Японии.

Табл.1: Статистика ущерба от цунами в Японии [1]

Дата	Название	Магнитуда	Ущерб
9 июля 869	Цунами Йогана (Джогана)	8,3-8,6	Более 1 тыс. погибших
2 декабря 1611	Кейчо Санрику	8,1	Более 5 тыс. погибших
15 июня 1896	Мейджи Санрику	8,5	22 тыс. погибших и более 10 тыс. разрушенных домов
3 марта 1933	Шова Санрику	8,1	3 тыс. погибших и 1,8 тыс. разрушенных домов
11 марта 2011	Хейсей Тохоку	9,0	Более 19 тыс. погибших и более 359 тыс. разрушенных домов

Табл. 2: Последствия от цунами в мире [2]

Год	Место	Последствия
365 год н. э.	В Средиземном море	Снесен город Александрия в Египте, тысячи жертв
1737 год	На Камчатке	Волна высотой 30 сажень (около 65 метров) затопила берега, смыла дома, унесла много жизней. Это было первое в России цунами
1775 год	Атлантический океан	Шестиметровые волны накрыли Португалию, Испанию, Марокко
1883 год	В Индонезии	Затоплены берега Явы и Суматры
1896 год	Цунами в США (Калифорния)	Затоплен город Санта-Барбара
1896 год	Цунами в Японии	27122 жертв
1906 год	Тихий океан	Разрушены жилые кварталы в Колумбии и город Риоверде в Эквадоре, 1500 жертв
1946 год	США	Цунами на Аляске уничтожило маяк и достигло Гавайских островов, 159 жертв
1958 год	США (Аляска)	Волна достигла высоты 524 м
1960 год	Цунами в Чили	Волна 11 метров достигла противоположных берегов океана, затопила Филиппины и остров Окинава
1964 год	США (Орегон, Калифорния)	Цунами в Америке разрушило 3 деревни, погибло 122 человека
1976 год	Филиппины	5 000 жертв
1998 год	Папуа-Новая Гвинея	2313 жертв, смыто семь деревень
2004 год	В Индийском океане (Таиланд, Шри-Ланка, Мальдивы)	Самое большое цунами за 40-летний интервал, 225 000 жертв. Землетрясение вызвало разлом длиной более 100 км.



Рис.1. Последствия цунами 2011 года. Япония [3]

Все разработанные и разрабатываемые инженерные и организационные мероприятия защиты от цунами направлены на то чтоб исключить человеческие потери, а также на минимизацию последствий. В настоящее время защита территорий от волн цунами в соответствии с отечественным и зарубежным опытом включает значительный комплекс разнообразных мероприятий [4]:

обеспечение и совершенствование работы службы предупреждения о цунами [4].

цунамирайонирование побережий в соответствии с конкретными условиями (положение, рельеф дна, подход волн и т. п.) [4].

размещение городов, поселков, портов, отдельных зданий и сооружений на относительно защищенных участках побережий с целью исключения или существенного снижения разрушающего воздействия волн [4].

планировка городов и поселков с учетом возможного воздействия цунами [4].

строительство волнозащитных гидротехнических сооружений — морских (береговых) стен, молов, волноломов, дамб, берегоукреплений и т. п.; применение цунамистойких конструкций береговых и гидротехнических сооружений [4].

лесопосадки на берегах вдоль линии уреза воды [5].

обеспечение в портах быстрого прекращения и восстановления работ, перемещения и закрепления машин и оборудования, ухода судов в море и т. п. [4].

строительство запасных дорог и различных устройств для обеспечения быстрой эвакуации людей и материальных ценностей [4].

Для уменьшения разрушительных последствий цунами используются специальные берегозащитные инженерные сооружения такие как: стены, валы, дамбы. Располагаются такие конструкции вдоль берега и имеют значительное возвышение над берегом. Такие инженерные сооружения защищают не только берега от разрушений (то есть являются берегоукрепительными), но и располагаемые на берегах постройки, так как ограничивают проникновение водных потоков [4].

Исследователи, изучившие историю цунами вдоль Тихоокеанского побережья японского региона Тохоку, выяснили, что морские дамбы выше пяти метров уменьшают ущерб и снижают число погибших от гигантских волн. Ученые проанализировали цунами 1896, 1933, 1960 и 2011 гг. Исследования показали, что морские дамбы высотой более пяти метров снижают темпы разрушений, а увеличение высоты дамб до 10 м сопровождается 5-6% снижением интенсивности разрушения [5].

Основной задачей дамб является отражение волновой энергии обратно в бассейн, а также задержка и недопущение водных масс вглубь берега, в случае подъема уровня бассейна. Поскольку окружающая среда постоянно воздействует на данные сооружения, им, периодически требуется работы по поддержке или восстановлению их состояния. Конструкция дамб в наше время подбирается в соответствии с выбранными физическими и природными явлениями, которым они будут подвергнуты. В основном в качестве материалов для дамб выбирают железобетон, камни, сталь, мешки с песком и т.д. Дамбы принято причислять к одному из трёх типов: вертикальный, ступенчатый и насыпной тип

- **Вертикальные дамбы** — отражают энергию волн и при штормовых условиях, приводят к образованию стоячих волн, вертикальное расположение поверхности, которая воспринимает внешнее давление, может стать причиной разрушения этого вида дамб;
- **Дамбы с криволинейным профилем**— осуществляют постепенное разрушение волны по мере её распространения по искривленной поверхности. Кривизна дамбы в данном случае повышает эффективность поглощения энергии волны и обеспечивает дополнительную защиту основания конструкции [6];
- **Насыпные дамбы** — зачастую применяются для случаев с меньшей энергией волны и воздействия эрозии, не дают полную гидроизоляцию, после обрушения волны просачивается вода;

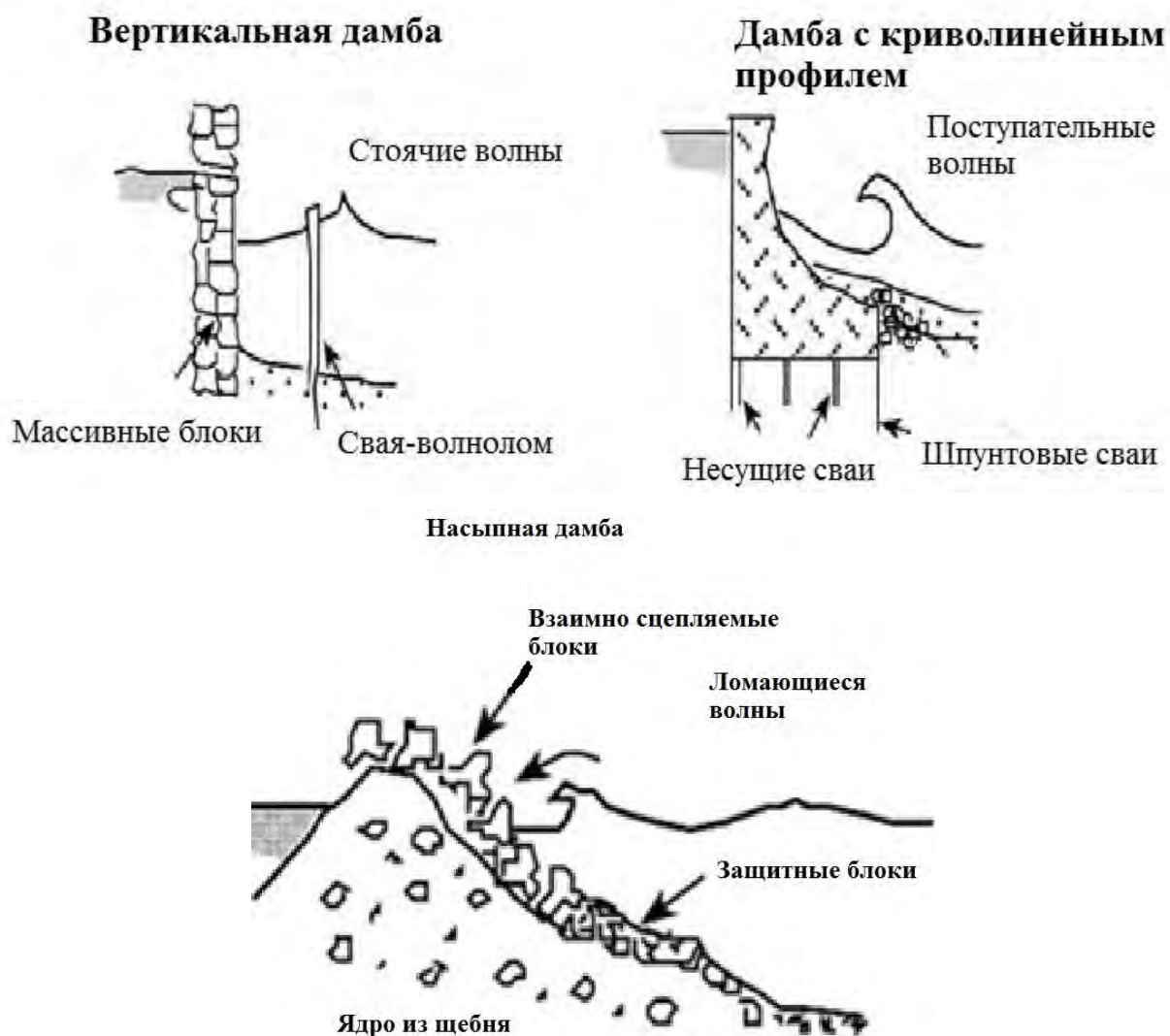


Рис.2. Виды берегозащитных дамб [6]

В нашей стране с целью обеспечения надежности и безопасности при воздействии цунами был разработан СП 292.1325800.2017 «Здания и сооружения в цунамиопасных районах. Правила проектирования [7]». Данный свод правил используется при проектировании и разработке новых, а также реконструкции старых зданий и сооружений, которые расположены на цунами опасных территориях РФ, для того чтобы обеспечить их цунамистойкость.

## ВЫВОДЫ

Основываясь на исследованиях японских специалистов, можно сделать вывод, что береговые дамбы важны как средство борьбы с цунами и позволяют частично погасить воздействие цунами. За счёт статистики и данных случившихся цунами, методы борьбы с цунами продолжают развиваться и спасать при этом всё больше жизней. Следовательно,

вопрос о развитии морских дамб как средства защиты от воздействия волн цунами остается актуальным.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Imamura F. and Anawat S. «Damage due to the 2011 Tohoku earthquake tsunami and its lessons for future mitigation», 2012. С 22.
- 2 «Статистика Цунами» / <https://vawilon.ru/statistika-tsunami/>
- 3 «Последствия цунами 2011 года. Япония» / <https://zen.yandex.ru/media/id/5c7618bcd63c5600b3b96aca/iaponiia-otmechaet-vosmuiu-godovscinu-zemletriaseniia-cunami-i-iadernoi-katastrofy-5c864f4fdbfb6c00b591c764>
- 4 Шульгин В.Н., Шеломенцев С.В., Ларионов В.И. "Инженерное обеспечение мероприятий в ЧС", 2002 г. / «Инженерная защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени» С. 272 – 273.
- 5 «Морские дамбы и прибрежные леса могут защитить от цунами» <https://www.gismeteo.ru/news/sobytiya/20366-morskie-damby-i-pribrezhnye-lesa-mogut-zaschitit-ot-tsunami/>
- 6 «Противонагонная дамба» / [https://ru.wikipedia.org/wiki/Противонагонная\\_дамба](https://ru.wikipedia.org/wiki/Противонагонная_дамба)
- 7 СП 292.1325800.2017 «Здания и сооружения в цунамиопасных районах. Правила проектирования», 2017 г.



УДК 627.8

## РЫБООХРАННЫЙ КОМПЛЕКС ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА КАСКАДЕ НИЖНЕ-ЧЕРЕКСКИХ ГЭС

**Серов А.В., Скотинников В.А.**

Студенты 4 курса 1 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: Д.В. Козлов**

Д. т. н., заведующий кафедрой ГиГС НИУ МГСУ

### **Аннотация**

Выполнена оценка состояния рыбохозяйственного комплекса каскада Нижне-Черекских ГЭС. Рассмотрена классификация рыб по месту обитания и образу жизни, обозначены причины сокращения их численности. Дана оценка влиянию гидротехнических сооружений на рыбоохранный комплекс. Выявлены проблемы, связанные с эксплуатацией рыбопропускных и рыбозащитных сооружений. Приведены примеры и дан краткий анализ действующим сооружениям в составе каскада Нижне-Черекских ГЭС. Приведена классификация рыбопропускных сооружений и предложены методы по исследованию поведения представителей ихтиофауны. Проанализирован зарубежный опыт исследования поведения рыб, типы конструкций, обеспечивающие безопасную миграцию рыб. Даны рекомендации по обеспечению нормальной работы рыбопропускных сооружений и предложены мероприятия по предупреждению вредных последствий от строительства подпорных сооружений.

**Ключевые слова:** гидроузел; рыбоохранный комплекс; рыбозащитные сооружения; рыбное хозяйство; рыбопропускные сооружения; экогидравлическая модель

### **ВВЕДЕНИЕ**

Западно-Каспийский регион является одним из крупных и высокопроизводительных в составе рыбохозяйственного комплекса России. Рыбная отрасль основывается на прибрежном и морском рыболовстве. На побережье Каспийского моря сосредоточены места нагула, зимовки, размножения основных промысловых рыб и обитание их молоди. Здесь пролегают важнейшие миграционные пути рыб. Относительно небольшая акватория обеспечивала в прошлые годы до 20 тыс. т вылова рыб в год.

Рыбное хозяйство одна из ведущих отраслей экономики Российской Федерации. Оно является важным источником индустрии питания и поставщиком сырья для промышленности. В зависимости от места обитания и образа жизни разработана следующая классификация рыб [1]:

1. Морские,
2. Полупроходные,
3. Проходные,
4. Местные.

Представители группы морских рыб (треска, бычки, морской окунь) обитают в морях, где проводят всю свою жизнь, мечут икру, производят потомство. Лещ, судак, корюшка, салака относятся к группе полупроходных рыб, т.к. обитают в прибрежных районах моря, покидая его лишь для зимовки и нереста, входя в устья рек. Наиболее ценные виды рыб (лососевые, осетровые, нельма и др.) обитают в морях, а для нереста поднимаются в реки. Их относят к категории проходных. Для местных рыб основным местом обитания и нереста являются реки, их миграция возможна лишь на сравнительно незначительной дистанции с целью поиска пищи. К данному виду рыб относят щука, форель, стерлядь и другие [2].

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Исследованию вопросов эффективности работы рыбопропускных и рыбозащитных гидротехнических сооружений посвящены многочисленные работы отечественных и зарубежных специалистов, в том числе [1...8].

Ежегодные уловы рыб Западно-Каспийского прибрежного рыбохозяйственного комплекса в настоящее время составляют около 2 тыс.т. Основную долю составляют полупроходные и местные рыбы. В Кабардино-Балкарской Республике наблюдается тенденция сокращения числа предприятий, занимающихся рыбоводством и полное отсутствие рыболовных организаций.

На многих водных объектах, таких как р. Малка, р. Кудяхурт, Черная речка рыбохозяйственная деятельность вообще под запретом. Причина – резкое сокращение численности ихтиофауны, вплоть до занесения в красную книгу. Несмотря на отсутствие рыболовства в Кабардино-Балкарской Республике, негативное влияние на сохранившееся рыбное хозяйство оказывает система орошения.

Рыбоходы не могут создать благоприятные условия как для привлечения и прохода рыб, так и для ската молоди с нерестилищ. Ирригационная система выносит на поля орошения до 60% родившихся в Тереке личинок. Рыбное хозяйство дельты Терека, которое ещё в восьмидесятых годах прошлого века имело общегосударственное значение, практически прекратило своё существование. Кроме того, постоянное многократное превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) нефтепродуктов в терской воде также оказывает отрицательное влияние на рыб. Воздействие нефтяных загрязнителей, привело к сокращению масштабов воспроизводства рыб, и снижению промысловых запасов. Существенный вклад в загрязнение водной среды вносят пестициды, фенолы, поверхностно-активные вещества и ряд других веществ. Уровень



пестицидов в органах и тканях рыб достигает величины 4 ПДК, что требует проведения токсиколого-гигиенического контроля рыбопродуктов. Сложные гидрологические характеристики рек, нерациональное использование водных ресурсов, отсутствие эффективной концепции охраны водной среды, - все это привело к формированию кризисной экологической ситуации в бассейне р. Терек [3].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В качестве исходной информации были использованы открытые данные о гидротехнических сооружениях на каскаде Нижне-Черекских ГЭС и оперативная информация ПАО «РусГидро» и Росводресурсов о водохозяйственной и рыбохозяйственной обстановках на территории Кабардино-Балкарской Республики и режимах работы водохранилищ и каскада ГЭС.

Методологической основой исследований стали фундаментальные положения инженерной гидрологии и ихтиологии, специальная литература, отечественные и зарубежные публикации, практические пособия, отраслевые методические указания и др., Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Терек (российская часть бассейна). В работе использованы общеизвестные методы научно-познавательной деятельности: эмпирические научные методы – пассивный эксперимент, использующий собранные и систематизированные данные, а также сведения о рыбохозяйственной обстановке на реке; универсальные (общелогические) методы – анализ и синтез, индукция и дедукция, обобщение.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Гидротехнические сооружения (ГТС), как правило, негативно влияют на рыбохозяйственную деятельность. Такое влияние выражается в следующем:

1. ГТС сокращают численность ихтиофауны путем преграждения естественных путей миграции;
2. ГТС способствуют уничтожению мест нереста рыб, превращая проточные участки в стоячие водоемы
3. Ухудшаются условия обратного ската молоди в море. Основной сброс воды в нижний бьеф производится обычно через агрегаты ГЭС, что приводит к гибели части молоди. Большая часть молоди попадает в ирригационные каналы, идущие на орошаемые поля;
4. Сокращаются площади нереста и корма рыбы ниже плотины за счет регулирования стока, использования воды на ирригацию и водоснабжение;
5. Изменяются гидрологические и гидробиологические условия реки: меняются сроки паводков, температура воды, скорости течения, солевой состав и пр.

Согласно Водному Кодексу России эксплуатация гидросооружений без рыбопропускных и рыбозащитных сооружений запрещена. Поэтому на гидроузлах необходимо устанавливать устройства, предотвращающие попадание рыб в водозаборы. Мероприятия для предупреждения вредных последствий от строительства подпорных сооружений [4]:

1. Рыбохозяйственное освоение водохранилищ
2. Искусственное разведение рыбы
3. Создание новых нерестилищ путем опреснения морских заливов
4. Обеспечение прохода рыбы путем строительства рыбопропускных сооружений

Рыбопропускные сооружения подразделяются на 2 основные группы [5]:

1. Сооружения для самостоятельного прохода рыбы через преграды.
2. Сооружения для перемещения рыбы.

Рыбоходы в зависимости от конструкций подразделяют на лотковые, прудковые, лестничные.

Каскад Нижне-Черекских ГЭС состоит из трех станций: Аушигерской, Кашхатау и Зарагижской. Является крупнейшим энергетическим комплексом Кабардино-Балкарии с общей мощностью 156 МВт. На каскаде гидроузлов расположены рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Примером действующих рыбопропускных сооружений на каскаде Нижне-Черекских ГЭС является, в первую очередь, рыбоход на головном узле Кашхатау ГЭС.

В ноябре 2009 года на головном узле запущено в эксплуатацию рыбопропускное сооружение. Строительство плотины преградило пути миграции ручьевой форели к местам нерестилищ. Поэтому для сохранения путей миграции рыбы было построено рыбопропускное сооружение.

Рыбоохранный комплекс головного узла сооружений Кашхатау ГЭС предназначен для:

- пропуска в верхний бьеф для нереста лососевых и карповых пород рыб;
- организации безопасного ската рыб в нижний бьеф гидроузла;
- защиты рыб от попадания в водозабор деривационного канала Кашхатау ГЭС.

Подъем рыбы через створ гидроузла на высоту 30 метров осуществляется по двум участкам: на высоту 18 метров по благоустроенному естественному руслу ручья Тугай-Акла, далее на высоту 12 метров по рукотворному лестничному рыбоходу. Конструктивно рыбоход представляет собой железобетонный лоток (рисунок 1) шириной от 2,00 м до 3,00 м общей длиной 208,50 м. Имеет 80 камер, разделенных поперечными стенками с вливными отверстиями, по которым рыба из ручья Тугай-Алла поднимается в верхний бьеф головного узла сооружений.



**Рис.1.** Рыбоход на головном узле Кашхатау ГЭС

Рыбоход оборудован основным и аварийно-ремонтным плоским колесным затвором. Подъем и опускание затворов осуществляется автомобильным краном.

Во вторую очередь, примером действующих рыбопропускных сооружений являются объекты на головном узле Аушигерской ГЭС.

На резервном головном узле Аушигерской ГЭС в Кабардино-Балкарии построен рыбоохранный комплекс. Рыбоход позволяет рыбе подняться с нижнего бьефа через плотину в верховья реки Черек. Рыбозащитное сооружение состоит из двух струегенераторов, создающих высокоскоростной поток с воздушными пузырьками. Благодаря этому рыба перемещается вдоль плотины и затем – в нижний бьеф гидроузла. У данного сооружения есть два важных преимущества:

- 1) оно позволяет защищать не только рыбу, но и другие водные биологические ресурсы;
- 2) оно способно работать в водном потоке горной реки, несущей значительное количество взвеси (наносов) и различного мусора.

Его конструкция позволяет поднимать рыбу на две высоты с разницей уровня воды более 7 м. Общая длина тракта рыбохода для подъема рыбы на максимальную высоту составляет около 160 м и включает 38 камер: 35 маршевых и 3 камеры для отдыха рыбы.

Камеры рыбохода (рисунок 2) представляют собой лестницу, оборудованную специальными вливными отверстиями и другими элементами, гасящими энергию воды и позволяющими рыбе комфортно преодолевать перепад воды.



**Рис.2.** Головной узел Аушигерской ГЭС

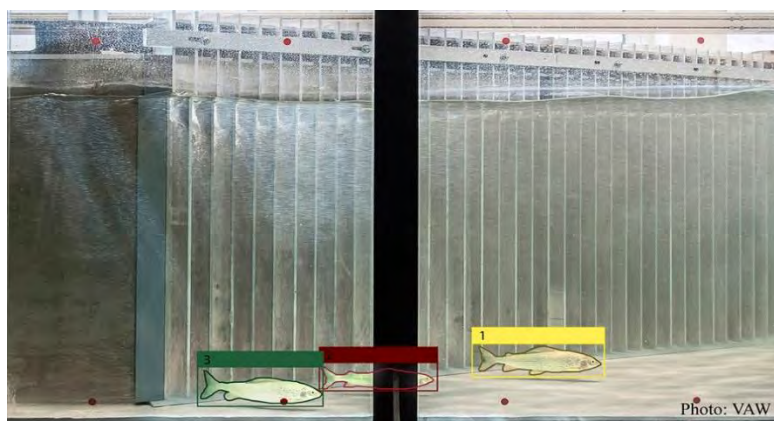
В конструкции предусмотрены три просторные камеры отдыха, где низкая скорость течения воды позволяет рыбе остановиться, чтобы набраться сил.

Подобного вида тракты позволяют пропускать в верхний бьеф более 80% рыбы, подошедшей к рыбоходу. Струегенератор с горизонтальными соплами создает высокоскоростной поток – так называемый искусственный стрежень. Он транспортирует водные биологические ресурсы мимо водоприемника в направлении шугорыбосброса, предотвращая их попадание в деривационный канал и турбины ГЭС. Кроме перечисленного вредного влияния встает проблема недостаточной изученности поведения рыб в границах таких сооружений. Примером может служить Волховский гидроузел с лотковым рыбоходом, с течением времени показавший неэффективность применения данного рыбопропускного сооружения, поэтому впоследствии рыбоход был переделан в рыбоходный шлюз.

Решением проблемы может стать проведение экогидравлических испытаний на физических и численных моделях сооружений в лабораторных условиях. Опыт проведения, таких исследований имеется, например, в Европе.

Вначале рассмотрим возможность применения автоматизированного 2D программного обеспечения для отслеживания рыбы, применяемого в Лаборатории гидравлики, гидрологии и гляциологии (VAW) ETH Zurich (Швейцария) [6].

Рыбы подвергаются риску получения травм во время их миграции вниз по течению, в том числе и через гидроэлектростанции. Знания о поведении рыб важны как для оценки их эффективности, так и для их оптимизации. В указанной лаборатории была разработана система, которая позволяет определить путь одной рыбы или прирост рыбы по видеозаписям в ходе лабораторных экспериментов. Модуль основан на коммерческом программном обеспечении MATLAB. На рисунке 3 показан процесс обнаружения рыбы в видеокadre, записанном во время экогидравлических экспериментов с использованием автоматизированного 2D-программного обеспечения для отслеживания рыбы.



**Рис.3.** Применение автоматизированного 2D программного обеспечения для отслеживания рыбы.

Кроме проведения лабораторных испытаний с живыми особями рыбы необходимо предусмотреть использование различных типов конструкций, позволяющих минимизировать «травматизм» рыб при их движении, через рыбопропускные сооружения.

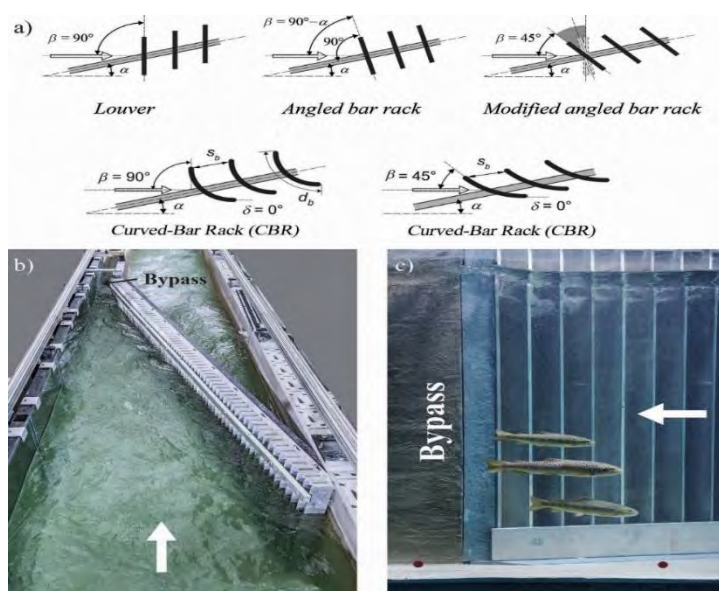
Второе направление в таких исследованиях – это поиск и разработка мероприятий по обеспечению безопасной миграции рыбы вниз по течению на русловых гидроэлектростанциях.

Широкое распространение гидроэлектростанций привело к ухудшению естественных речных систем и водных сред обитания. В рамках Европейской Водной Рамочной Директивы (ВРД) сегодня обеспечивается восстановление многих европейских рек. В Швейцарии стратегический план будущего использования энергии включает постепенный отказ от ядерной энергии. Как следствие, чистая и устойчивая гидроэнергетика будет более востребована. Швейцарский закон об охране водных ресурсов (WPA) требует возрождения водных объектов к 2030 году. К сожалению, внедрение технологий для миграции рыбы вверх по течению оставили без внимания проблему миграции рыбы вниз по течению.

Лаборатория гидравлики, гидрологии и гляциологии (VAW) ETH Zurich является частью междисциплинарной исследовательской группы, состоящей из различных европейских институтов и участников. Она участвует в двух проектах по разработке технологий поведения рыбы на основе исследований на физических моделях.

Для этой цели используются два вида моделей: мелкомасштабные модели для исследования гидравлики направляющих конструкций рыб и крупномасштабные, так называемая экогидравлическая модель, позволяющая изучать поведение плавания рыб в экспериментах с живой рыбой в лаборатории (рисунок 4).





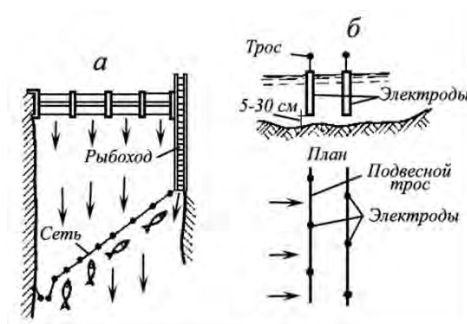
**Рис.4.** Меры по содействию безопасной миграции рыбы вниз по течению на русловых ГЭС: а) варианты конструкций угловой стойки, б) вид сверху, с) вид сбоку с форелью (→ направление потока)

Цель таких исследований состоит в том, чтобы лучше понять взаимодействие моделей поведения рыб с различными условиями потока. В рамках таких исследований будут также проведены дополнительные полевые исследования в Швейцарии и других частях Европы для калибровки моделей и проверки эффективности существующих технологий наведения рыбы. Исследовательский проект способствует устойчивому и эффективному использованию гидроэнергии в Швейцарии и Европе.

Разновидностью таких технических решений является, например, направляющее и заградительное устройство в виде сети или решетки [7], а также электрозаграждение (рисунок 5).

Сети или решетки, расположенные под углом к направлению течения воды, их верховой конец располагают у входа в рыбоход, а у низового конца оставляют конической формы отверстие, через которое движущаяся вверх рыба пройти не может, а скатывающаяся вниз рыба проходит свободно. Сеть делают из оцинкованной или медной проволоки диаметром 1,5–2,0 мм или из капрона и подвешивают на поплавках.

Электрозаграждения - вертикальные электроды–трубы, подвешенные к стальным канатам в два ряда. При пропуске электрического тока между электродами создается электрическое поле, в котором рыба испытывает раздражение и пройти его не может.



**Рис.5.** Направляющие и заградительные устройства в бьефах гидроузла

Для обеспечения нормальной работы рыбопропускных сооружений необходимо соблюдать следующие условия:

1. Для привлечения рыбы к входу в рыбоход подается значительный расход воды - привлекающий поток, а скорости воды в этом месте должны быть равны скорости течения воды в реке. Вход в рыбоход располагают из условия легкого его обнаружения [8].
2. Вход в рыбопропускное сооружение надо располагать на таком участке русла ниже плотины, где скорость течения приемлема для данного вида рыб. Перед входом сооружаются дамбы или другие устройства, направляющие рыб к входу.
3. Скорость течения воды по рыбоходу следует назначать в зависимости от вида рыбы, идущей по рыбоходу, чтобы рыба могла ее преодолеть. Таблица 2
4. Размеры отдельных конструктивных частей рыбоходов необходимо выбирать в зависимости от вида рыб, которые будут проходить по этому рыбоходу, поэтому габариты сооружения в каждом отдельном случае назначаются свои.
5. При устройстве рыбоподъемников размеры подходного лотка и камер рыбоприемника необходимо назначать с учетом исключения травмирования рыбы при подъеме ее из нижнего бьефа в верхний [9].
6. Работа подъемных и других механизмов должна быть по возможности бесшумной, чтобы не отпугивать рыбу от сооружения.

## ВЫВОДЫ

Зарегулирование стока реки Черек водохозяйственными (гидроэнергетическими, ирригационными, комплексными) гидроузлами вызвало существенные изменения в экосистемах водных объектов бассейна реки. Рыбопропускные и рыбозащитные сооружения, построенные и функционирующие в составе гидроузлов каскада Нижне-Черекских ГЭС, улучшили условия рационального развития рыбного хозяйства в регионе. Но не все рыбоходы и рыбозащитные комплексы в составе головных гидроузлов полноценно и эффективно выполняют свои функции,

заложенные в проектных решениях. Одной из причин возникшей неблагоприятной экологической ситуации является недостаточная изученность вопросов, связанных с особенностями миграции различных видов рыб в условиях рассматриваемого региона и рыбопропускной способности эксплуатирующихся рыбопропускных и рыбозащитных сооружений. Повышение эффективности и оценка возможности модернизации построенных и строящихся рыбоходов и рыбозащитных комплексов связаны с необходимостью дальнейшего научного обоснования современных рыбохозяйственных технологий и мероприятий по обеспечению безопасной миграции рыбы, основанных на комплексном изучении явлений и процессов в таких специальных гидротехнических сооружениях. Решение данной проблемы возможно на основе использования мелко- и крупномасштабных экогидравлических моделей, позволяющих изучать поведение плавания рыб в экспериментах с живыми особями в лабораторных условиях. Повысить результативность таких исследований можно путем применения автоматизированного 2D программного комплекса для отслеживания рыбы, основанного на программном продукте MATLAB.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Субботин А.С. Основы гидротехники. Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. 320 с.
2. Введенский О.Г. Привлечение и пропуск рыб с различной плавательной способностью через рыбопропускные сооружения // Вестник Мордовского университета. 2010. № 1. С.110-117.
3. Введенский О.Г. Улучшение условий привлечения рыб в рыбопропускные сооружения// Гидротехническое строительство. 2010. № 2. С. 34-39.
4. Введенский О.Г., Яровиков И.В. Рыбоохранные мероприятия в процессе создания и эксплуатации водохранилищ//Труды Поволжского государственного технологического университета. Серия: Технологическая. 2016. №4. С.148-153.
5. Скоробогатов М.А. Технические средства и технологии пропуска рыб через гидроузлы: дис. д-ра техн. наук. Тверь, 1997. 291 с.
6. M. Szabo-Meszaros, C.U. Navaratnam, J. Aberle, A.T. Silva. Experimental hydraulics on fish-friendly trash-racks: An ecological approach” [Электронный ресурс] // URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857419300643?via%3Dihub> (дата обращения 30.03.2020).
7. Введенский О.Г. Рыбоохранный комплекс гидроузла// Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление.2013. №4. С. 67-81.



8. Введенский О.Г. Использование гидравлических струй для совершенствования технологии работы рыбоходных сооружений//Гидротехническое строительство. 2009. № 1. С. 21-27.
9. Турлов А.Г., Полушин А.И., Тетерин В.В. Экспериментальные исследования работы рыбозащитного устройства с вращающимся водозаборником на границе быстрого тока // Труды Поволжского государственного технологического университета. Серия: Технологическая. 2015. № 3. С. 241-246.

## ПРИНЦИП РАБОТЫ ГИДРОАБРАЗИВНОГО СТАНКА

**Меженев В.А.<sup>1</sup>, Скокк К.И.<sup>2</sup>**

Адъюнкт 1-го курса Факультета подготовки научно-педагогических кадров Академии ГПС МЧС России

<sup>2</sup> Студент 1 курса 13 группы ИСА НИУ МГСУ

**Научные консультанты: Л.В. Волгина<sup>1</sup>, И.А. Ольховский**

к.т.н., доцент кафедры ГиГС НИУ МГСУ

Доцент кафедры пожарной техники Академии ГПС МЧС России

### **Аннотация**

В статье рассмотрен принцип работы гидроабразивного станка и его составляющие элементы. Подробно рассмотрена технология, при которой реализовано двухфазовое движение жидкости и твердых частиц. Разобрано воздействие твердых абразивных частиц на разрезаемый материал. Материалы статьи послужат для более глубокого изучения гидравлической системы движения двухфазового потока при гидроабразивной резке.

**Ключевые слова:** гидроабразивная резка, поток воды, двухфазные потоки, сверление

### **ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день мировой опыт в разных отраслях производства требует совершенства технических средств, в том числе и технических средств обработки материалов. Один из таких технических средств является гидроабразивный станок, применение которого было начато еще в середине прошлого века. Для совершенствования данного технического изделия требуется более углубленного изучения деталей данного станка, а именно режущей струей, которая образована двухфазовым потоком движения жидкости и абразивного материала.

### **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Эффективной обработкой твердых материалов занимались ученые в России и за рубежом (Никонов Г.П., Тихомиров Р.А., Петухов Е.Н., Ли Д., Франц Н. и др.). [1] Первоначально основными материалами, пригодными для резки были алюминиевые, медные сплавы, разного рода пластмассы. Для обработки более твердых сплавов (легированные стали, гранит)

необходимо создавать большую разрушительную силу, что повлекло за собой исследование использования сверхскоростных струй. Добавление твердых частиц (твердого материала, абразива, гранит, кварцевый песок) в поток высокоскоростной струи позволило создать необходимый уровень разрушительной силы. Работы Протасова Ю.И., Степанова Ю.С., Коржова Е.Н и др. были посвящены теоретическими и прикладными вопросами в этой области

Систематическое изучение двухфазных потоков как технической, так и физической проблемы начались в первом десятилетии 20 века работами профессора Мерчинга у нас в России и исследованиями Блетч Н.С, за границей. Наиболее интенсивное исследования в России начались в 40-е годы (Великанов М.А., Юфин А.П. и др.) [2,3,4], снизились в 80-е и в настоящее время вновь занимают значительное положение, связанное с эффективным и широким применением в горной, строительной, химической и др. промышленности.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Принцип работы гидроабразивного станка заключается в следующем: поток воды (отсюда приставка «гидро»), двигающийся с очень высокой скоростью (порядка - 1000м/с, для справки скорость пули в автомате АКС74У от 357 до 735 м/с), переносит твердые частицы (абразив), которые обладают огромной разрушительной силой. Струя воды с абразивом используется в виде режущего инструмента см. рис.1.



Рис.1. Схема режущей части гидроабразивного станка

**Насос высокого давления**, который является ключевым узлом оборудования, создает давление в системе до показателя свыше 4 тысяч атмосфер. При данном давлении через сопло подается вода, формирующее струю диаметром порядка 0,2 мм. Данная струя воды подается в камеру смешения. **Далее в камере, вода перемешивается с абразивным материалом** (в качестве которого чаще всего применяется гранатовый песок) и проходит сквозь твердосплавное сопло диаметр которого равен 1 мм. **После камеры смешения, гидроабразивный состав через сопло выходит и ударяется о поверхность изделия(заготовки), которая режется, при этом скорость гидроабразивного потока составляет порядка 1 тысячи метров в секунду. Весь процесс не сопровождается нагреванием участка заготовки**, поэтому резка считается холодной.

Технология гидроабразивной резки (Water Jet Cutting или Abrasive Water Jet Cutting) материалов появилась в конце пятидесятых годов двадцатого века, практически одновременно в СССР и США и на сегодняшний день активно используется в следующих отраслях:

- Машиностроение
- Авиационная и аэрокосмическая промышленность
- Жилищное и промышленное строительство
- Электротехническая промышленность
- Инструментальное производство.
- Резинотехническая промышленность
- Производство пищевого и торгового оборудования
- Стекольная промышленность
- Оборонная промышленность
- Обувное производство
- Бумажная промышленность
- Пищевая промышленность

Движение потока при гидроабразивной резке является движением двухфазного потока, который состоит твердой (абразив) и жидкой (вода) фазы. При движении двухфазного потока, твердые частицы, объемная концентрация которых составляет не более 4% от объема воды, сосредоточены в области динамической оси, то есть в центральной части всего потока. Резка твердых материалов и сплавов требует воздействие высоких показателей разрушительной силы на частицы данных материалов и сплавов, эта сила создается за счет сверх высокой скорости гидроабразивного потока.

Сам принцип действия заимствован у природы. Естественный аналог — это эрозия горных пород под воздействием воды см. Рис.2. Даже струя с ускорением свободного падения, падающая с небольшой высоты, вымывает гранит и базальт. Вопрос только во времени.



Рис.2. «Вода-камень точит»

Если разогнать поток чистой воды в виде тонкой струи до сверхзвуковой скорости (800-1000 м/с) и при этом добавить абразив, твердость которого выше, чем у исходного твердого материала(заготовки), то получится режущий инструмент с уникальными возможностями. Вся суть метода заключается в способности частичек абразивного материала, которые на высокой скорости ударяются об материал, «отрывать» частички материала в зоне резки. А поток воды служит для вымывания «оторванных» частичек из зоны резки. При этом поток воды, кроме функции «транспортировки» абразива и вымывания твердых частиц материала, одновременно выполняет функцию охлаждения рабочей зоны, не позволяя измениться физико-химическим свойствам металла от перегрева.

Технология гидроабразивной резки основана на принципе эрозионного (истирающего) воздействия абразива и водяной струи. Их высокоскоростные твердофазные частицы выступают в качестве переносчиков энергии, поэтому скорость эрозии материала зависит от кинетической энергии воздействующих частиц, их массы, твердости, формы и угла удара, а также от физико-химических свойств обрабатываемого материала.

## **ВЫВОДЫ**

Теория механики двухфазных потоков исторически была направлена на решение основных прикладных задач – транспортирование полезных ископаемых при добыче, намыв и размыв грунтов при строительстве. В таких потоках распределение скоростей, консистенции

твердых частиц по глубине потока хорошо изучены для напорного и безнапорного движения. Но существует проблема, что характеристики движения двухфазного потока при гидроабразивной резке сильно отличаются от вышеуказанных двухфазовых потоков. Требуется исследование данной разновидности гидравлической системы, что в будущем позволит установить новые параметры, характеризующие процессы, происходящие в двухфазовом потоке при гидроабразивной резке.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусев И.А. Определение тактических возможностей установок пожаротушения с гидроабразивной резкой при подаче огнетушащих веществ на объектах энергетики [Текст] / И.А. Гусев, М.В. Алешков, А.Л. Холостов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация – 2018. – №3. – С. 29-34.
2. Юфин, А.П. Гидравлика. Гидравлические машины и гидропривод [Текст]: учебник / А.П. Юфин. – М.: Высшая школа, 1965. – 427 с.
3. Зуйков, А.Л. Гидравлика. Том 2. Напорные и открытые потоки. Гидравлика сооружений [Текст]: учебник / А.Л. Зуйков, Л.В. Волгина. – М.: МГСУ, 2015. – 424 с.
4. Тарасов, В.К. Движение двухфазных сред и гидротранспорт: учебное пособие для вузов; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВПО «Московский Государственный строительный университет» / В.К. Тарасов, Л.Н. Гусак, Л.В. Волгина. – М.: МГСУ, 2012. – 92 с.

## **МНОГОСЛОЙНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЕ ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ПОТОКИ ЖИДКОСТИ И ГАЗА**

**Затонских М. А.**

Студент 2 курса магистратуры 15 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: Орехов Г.В.**

д.т.н., профессор кафедры ГиГС НИУ МГСУ

**Аннотация.** Проектируя высоконапорные водосбросные сооружения исключительное внимание уделяется наличию избыточной энергии потока, который поступает в нижний бьеф, что требует специальных мер для её гашения. Сейчас в практике строительства гидротехнических сооружений применяются закрученные потоки, в том числе многослойные циркуляционные потоки. Целью осуществленных исследований явилось изучение с помощью методов физического моделирования сложных многослойных контрвихревых течений. Данный вид течений формирует ряд эффектов, позволяющих радикально решать вопросы гашения энергии высокоскоростных потоков. В статье приводится информация о результатах модельных исследований многослойных контрвихревых течений. Испытания проводились на воздухе с использованием осевых локальных закручивающих устройств лопаточного типа, которые позволяют формировать противоположно вращающиеся коаксиально расположенные слои. Даны параметры стенда и регистрирующая аппаратура пространственного разрешения. Представлены итоги проведенных исследований, в которых составляющие скорости потока распределены по длине проточного тракта, а также его сечению. Полученные данные были сопоставлены с итогами расчётов, выполненных с использованием математического моделирования таких течений. Исследования были проведены в лаборатории аэродинамических и акустических испытаний строительных конструкций Московского Государственного Строительного Университета (Национальный Исследовательский Университет).

**Ключевые слова:** коаксиальные течения; физическая модель; потоки жидкости и газа

### **ВВЕДЕНИЕ**

Перспективы широкого использования многослойных циркуляционных потоков являются давней задачей, стоящая перед учеными и дающая возможность для более детального изучения этого явления. На данный момент существует несколько независимых

научных областей, каждая из которых связана со своим направлением практического применения циркулирующих потоков.

Обширные исследования были проведены для изучения коаксиальных потоков с использованием методов моделирования. В данной статье представлены результаты исследований моделей таких течений с разным количеством циркуляционных слоев, что представляет интерес для множества сфер гидротехники.

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

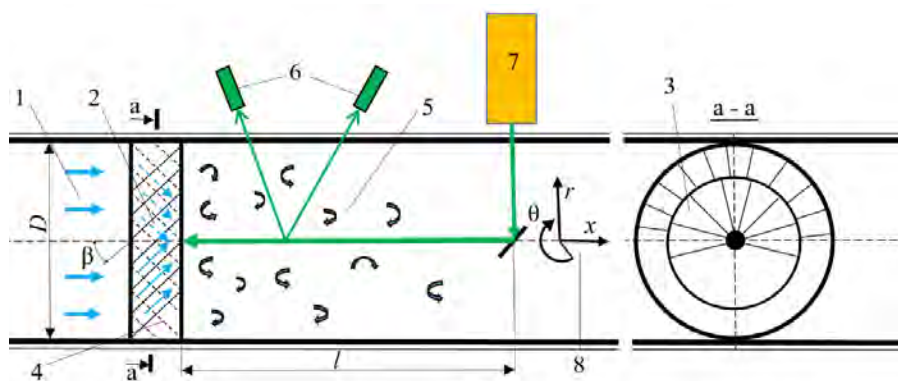
Циркуляционные потоки используются в процессах, которые обеспечивают распыление жидкого топлива [1, 2], смешивание жидкостей [3], образование аэрозолей и другие технологические процессы. Исходя из масштабных изучений циркуляционных потоков были созданы приборы, с помощью которых смогли в несколько раз усилить процессы энерго-, массо- и теплообмена и разделения сред в двигателестроении, гидротехнике, транспорте материалов и многих других отраслях промышленности [5, 6]. Помимо разработок в других областях, ученые проводили эксперименты по определению различных гидравлических и гидродинамических характеристик циркуляционных потоков для их использования в гидротехнике [7, 8, 9]. Наиболее заметным направлением по исследованию циркуляционных потоков оказалось изучение многослойных взаимодействующих циркуляционных потоков жидкости и газа с коаксиально расположенными слоями [10, 11].

Планы по применению циркуляционных потоков были основаны на практических требованиях перемешивания жидкостей и газов и гашения избыточной кинетической энергии высокоскоростного потока воды в водосбросах высоконапорных гидроузлов [12, 13]. Для того, чтобы погасить энергию, используя циркуляционные потоки, исходный поток разделяется на несколько составляющих и создаются такие условия, при котором энергия гасится при их воссоединении. Наилучшие результаты достигаются при условии создания противоположных моментов количества движения вращающихся слоёв, но равных по модулю [14, 15].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Благодаря проведенным исследованиям, с помощью стенда и использования лазерных технологий сенсорного определения характеристик потока были определены кинематические параметры многослойных взаимодействующих потоков. На рис.1 представлена проточная часть стенда с системой измерения PIV.





**Рис. 1.** Экспериментальный стенд. Схематичное изображение организации многослойного циркуляционного потока с использованием завихрителей осевого. Параметры потока фиксируются лазерами. 1 – кругло цилиндрическая проточная часть стенда, 2 – осевой лопаточный завихритель, 3 – осевой лопаточный завихритель, вид по  $a-a$ , 4 – лопатки завихрителя, установленные под углом  $\beta$  к оси проточной части, 5 – область взаимодействия коаксиальных потоков длиной  $l$ , которая сформирована противоположно циркулирующими слоями, 6 – камеры, с помощью которых фиксируется процесс, 7 – лазер, подсвечивающий трассерные частицы, 8 –  $x, r, \theta$  – оси рассматриваемой цилиндрической системы координат.

Работа системы основана на использовании излучения видимой части спектра для импульсной подсветки выбранного сечения потока жидкости или газа с возможностью наблюдения и корреляционной обработки света, рассеянного специальными частицами (трассерами), специально вводимыми в поток в определенной концентрации, и движущимися вместе с ним. Поток подсвечивается сформированным лазерным пучком, исходящим из высокоскоростного импульсного лазера с двумя однотипными излучателями. Изображения упомянутых трассерных частиц в освещенном лазером объеме записываются высокоскоростными цифровыми матричными видеокамерами. По смещению изображений на последующем кадре по отношению к предыдущему и известному временному интервалу между этими кадрами (частота лазерных импульсов) для каждой из видеокамер путем компьютерной кросскорреляционной обработки вычисляется скорость потока в исследуемых сечениях.

Принципиальная схема работы комплекса приведена на рисунке 2. При исследовании течений с помощью PIV системы важным является качественный засев исследуемого потока трассерами. Геометрические размеры частиц, их физические свойства, а также правильная концентрация в исследуемой области потока являются необходимыми условиями эффективной работы всей системы. Специальные частицы, предварительно помещаемые в поток жидкости или газа, являются датчиками скорости. Частицы должны быть достаточно

малы для того, чтобы без искажений следовать линиям тока исследуемого течения. С другой стороны, частицы должны быть достаточно велики для того, чтобы отражать свет в количестве, необходимом для его регистрации цифровой камерой. В идеальном случае частицы должны иметь нейтральную плавучесть, т.е. иметь плотность, равную плотности жидкости или газа, из которого состоит исследуемый поток. Размеры частиц в экспериментах с использованием PIV комплексов могут варьироваться от 100 до 50000 нм. Такие размеры сравнимы с длиной волны лазерного излучения (532 нм) и, следовательно, подчиняться условиям рассеяния Ми. В проводимых опытах использовалась специальная жидкость (синтетическое масло), которая имеет химическую формулу  $C_{26}H_{50}O_4$ . Установка, включающая компрессор и насадки, распыляет жидкость до размера частиц, равных примерно 1000 нм. Важной характеристикой трассерных частиц является значение их гидравлической крупности, т.е. скорости, с которой частица под действием гравитации движется вниз. Данный параметр особенно важен при исследовании течений с малыми скоростями.



**Рис. 2.** Принципиальная схема работы измерительного комплекса лазерной трассерной визуализации.

Предварительную оценку гидравлической крупности трассерных частиц можно дать, используя формулу

$$\omega = gd^2 \frac{\rho_p - \rho}{18\nu}$$

где:  $\omega$  - гидравлическая крупность в м/с,  $d$  - диаметр трассерной частицы,  $\rho_p$  - плотность частицы,  $\rho$  - плотность среды, в которой перемещается частица,  $\nu$  - кинематическая вязкость среды, в которой перемещается частица.

Данная формула справедлива для условий равномерного движения (падения) частицы и числа Рейнольдса  $Re < 1$ . Методические опыты по определению точного значения гидравлической крупности трассерных частиц продолжаются, но уже сейчас можно

предварительно сказать, что примерная скорость оседания равна 10-0,75 см/ч в диапазоне диаметров частиц от 100 до 5000 нм. Это очень малая скорость оседания, позволяющая предполагать, что при измерении траектория движения частиц адекватна линиям тока исследуемого течения и полученные результаты имеют хорошее приближение к действительности. Конечно, надо отметить, что измеряемые потоки характеризуются высокой степенью турбулентности и в этом случае надо учитывать инерционные свойства трассерных частиц, как объектов, обладающих хоть и малой массой, но эта масса в условиях больших ускорений может проявлять себя уводом от фактической траектории. Имеющийся опыт показывает, что фиксация гладких течений с плавными изгибами линий тока хорошо фиксируется описываемой технологией измерений. Аппаратура также измеряет потоки с высокой степенью турбулентности, но отклонение полученных результатов от действительной картины ещё ожидает своей оценки. В настоящее время ведутся сравнительные расчеты, позволяющие дать оценку погрешности измерения при различных скоростях измеряемого потока воздуха и значений интенсивности турбулентности.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Контрвихревые течения обладают рядом эффектов, которые привлекали исследователей. В основном рассматривались двухслойные течения, при которых в камере гашения взаимодействовали два противоположно закрученных потока. Интерес представляет рассмотрение многослойных взаимодействующих потоков, где попарно закручены в противоположные стороны и взаимодействуют четыре или шесть слоёв жидкости. Ранее проведённые исследования с двумя слоями позволили установить, что наибольшая степень гашения двух слоёв возникает при равенстве моментов продольно-циркуляционных потоков.

Чтобы суммарный поток не имел остаточной циркуляции при выходе из области коаксиальных слоёв длиной  $l$  (рис. 1) он должен быть задан определенным способом на входе. Такое может иметь место, если коаксиальные слои будут иметь моменты, которые будут компенсировать друг друга. Имеется в виду, что общий момент движения слоев в одном направлении вращения нужно восполнить общим моментом вращения в противоположную сторону и равным ему.

Из этого следует, что, если мы предполагаем, что направление вращения определяется знаком момента, мы можем записать равенство

$$\sum_{i=1}^n M_i = 0, \quad (1)$$

где:  $M_i$  – момент количества движения,  $n$ -число взаимодействующих слоев.

Следовательно, при течении, состоящем из двух слоёв будет соблюдаться равенство  $M_1 = M_2$ , из четырёх  $M_1 + M_3 = M_2 + M_4$ , из шести  $M_1 + M_3 + M_5 = M_2 + M_4 + M_6$ .

Момент количества движения с индексом «1» соответствует коаксиальному слою, который сформирован крайней решеткой лопаток. Таким образом момент количества движения с индексом «6» будет соответствовать закрученному слою, сформированному самой внутренней решеткой лопаток, сопряженной с центральным телом вращения. Прочие индексы будут соответствовать слоям, занимающим положение между «1» и «6».

Момент количества движения циркуляционного слоя равен

$$M = 2AIR_{\Gamma} = 2A\rho QVR_{\Gamma}, \quad (3)$$

где:  $A$  - безразмерная геометрическая характеристика завихрителя,  $\rho$  - плотность среды,  $Q$  - расход,  $V$  - средняя скорость расхода,  $R_{\Gamma}$  - гидравлический радиус,  $I$  - количество движения циркуляционно-продольного течения. Экспериментальные образцы содержали лопаточные решетки с постоянным углом установки по отношению к оси. Если угол установки лопатки  $\beta$  постоянен по радиусу, то геометрический параметр закрутки характеризуется выражением

$$A = \frac{\pi R_1 R_0}{\Omega} \sin \beta, \quad (4)$$

где:  $R_1$  - внешний радиус лопаточной решетки,  $R_0$  - эффективный радиус,  $\Omega$  - площадь водопропускного сечения между лопатками, нормальная к вектору скорости сходящего с них потока,  $\beta$  - угол установки лопаток рассматриваемого лопаточного ряда.

Эффективный радиус  $R_0$  и площадь  $\Omega$  вычисляют по формулам

$$R_0 = \sqrt{\frac{R_1^2 + R_2^2}{2}} \quad \text{и} \quad \Omega = \pi(R_1^2 - R_2^2)\cos\beta. \quad (5)$$

В (5) -  $R_2$  внутренний радиус лопаточной решетки.

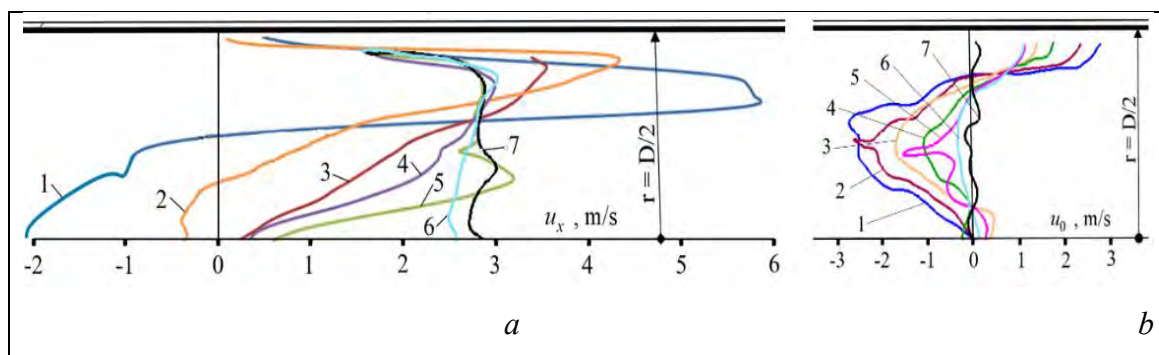
Итоги изучения многослойных взаимодействующих потоков представлены в виде распределений компонент скоростей потока в поперечных сечениях области  $l$  взаимодействия слоев. В общем случае движение жидкости характеризуется наряду с азимутальными  $u_{\theta}$  также аксиальными  $u_x$  и радиальными  $u_r$  скоростями. Полная скорость в произвольной точке течения будет равна

$$U = \sqrt{u_r^2 + u_{\theta}^2 + u_x^2}. \quad (6)$$

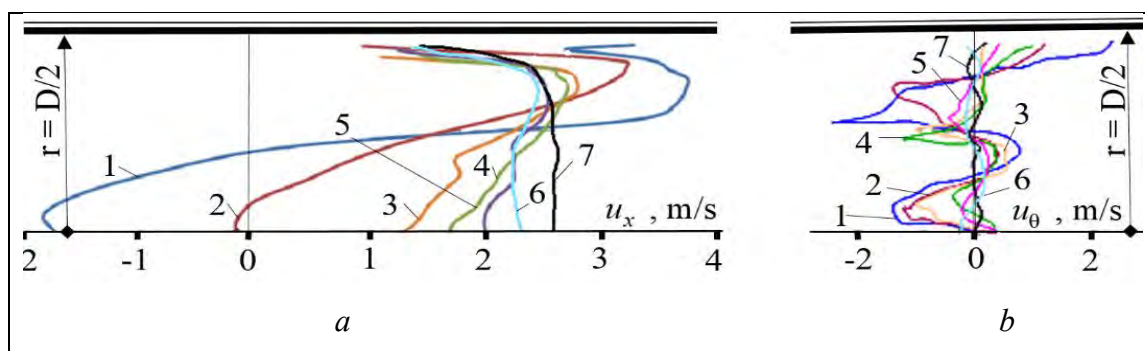
На рис. 3-5 показаны экспериментальные профили аксиальных  $u_x$  и азимутальных  $u_{\theta}$  скоростей для течений, состоящих из двух, четырёх, шести слоёв. Измерительные створы

располагались на следующих по течению расстояниях от завихрителей соответственно: 20.8, 125, 229, 437, 645, 1180 и 2050 mm, что составляет  $0.2r$ ,  $1.3r$ ,  $2.3r$ ,  $4.4r$ ,  $6.6r$ ,  $11.3r$ ,  $18.2r$ .

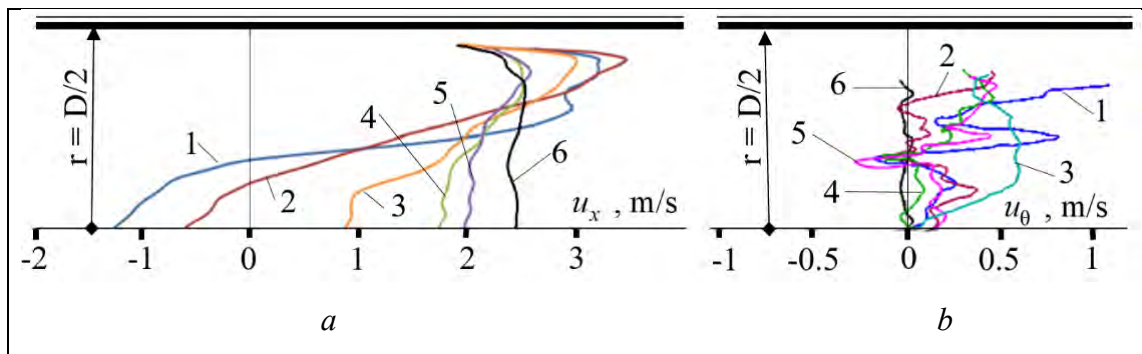
Можно заметить, что в сечениях, которые ближе к началу области взаимодействия слоёв, заметны обратные потоки с большими отрицательными скоростями. Данное явление можно заметить во всех исследованных потоках. Лучше всего это заметно в потоке с двумя слоями (рис.3). Стоит заметить, что краевые скорости двух близких к завихрителю створов намного больше средней скорости расхода, посчитанной по (1), тем самым поддерживается баланс объемного расхода. При увеличении количества слоёв, процесс взаимодействия завершается значительно быстрее, и погасив энергию, поток меняет свою структуру и выходит на режим обычного продольно-осевого турбулентного течения с числом Рейнольдса  $Re = 3.8 \times 10^4$  и распределением скоростей по логарифмическому закону.



**Рис. 3.** Течение, формируемое двумя, противоположно вращающимися слоями. Профили: *a* – аксиальных  $u_x$  и *b* – азимутальных  $u_\theta$  скоростей потока. 1. –  $0.2r$ ; 2. –  $1.3r$ ; 3. –  $2.3r$ ; 4. –  $4.4r$ ; 5 –  $6.6r$ ; 6. –  $11.3r$ ; 7. –  $18.2r$



**Рис. 4.** Течение, формируемое четырьмя противоположно вращающимися попарно слоями. Профили: *a* – аксиальных  $u_x$  и *b* – азимутальных  $u_\theta$  скоростей потока. 1. –  $0.2r$ , 2. –  $1.3r$ , 3. –  $2.3r$ , 4. –  $4.4r$ , 5. –  $5.9r$ , 6. –  $9.7r$ , 7. –  $13.1r$



**Рис.5.** Шестислойное течение, при котором имеются три пары противоположно вращающихся слоёв. Профили: *a* – аксиальных  $u_x$  и *b* – азимутальных  $u_\theta$  скоростей потока. 1. –  $0.2r$ , 2. –  $1.3r$ , 3. –  $1.9r$ , 4. –  $3.4r$ , 5. –  $5.2r$ , 6. –  $8.1-8.8r$

Обобщение результатов экспериментов с многослойными контрвихревыми течениями дало возможность оценить длину полного гашения энергии и перехода потока в течение Пуазеля. Результаты обработки экспериментальных данных показали, что переход двухслойного контрвихревого течения в продольно-осевое течение происходит на длине камеры взаимодействия, равной  $18R$ , четырёхслойное –  $13R$ , а шестислойного –  $(8-9)R$ .

## ВЫВОДЫ

По результатам изложенного в статье можно сделать следующие выводы:

- профили распределения аксиальных (по направлению течения) компонент скорости  $u_x$  для всех трёх исследованных видов контрвихревого течения имеют характерную особенность. В приосевой области на достаточной длине от локального завихрителя формируется рециркуляционная зона течения с отрицательными значениями аксиальной скорости. Эта зона представляет собой фигуру вращения с осью, совпадающей с осью потока. Причём, с увеличением количества слоёв, длина рециркуляционной области уменьшается;

- длина области гашения энергии за счёт взаимодействия слоёв жидкости уменьшается с 18 до 8-9 величин радиуса камеры гашения при переходе от двухслойного контрвихревого течения до шестислойного, что связано очевидно, с увеличением степени гидравлического сопротивления.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. B. Sazhin, M. Sazhina, M. Aparushkina et al., News of the universities. Technology of the textile industry 1(343) 135-138 (2013)
2. A. Ianiro, K. Lynch, D. Violato, Cardone G, J. of Fluid Mechanics 843 180-210 (2018)

3. A. Zuikov, Vestnik MGSU (Proceedings of the Moskow State University of Civil Engineer-ing) 5 150-161 (2013)
4. T. Parra-Santos, R. Perez, R. Szasz, A. Gutkowski, F. Castro EPJ Web of Confereces, 114 02087 (2016)
5. F. Muhammad, I. Muhammad, B. Niaz, M. Riaz, U. Muftooh, W. Sajjad, A. Tufail, Results in Physics 9 1250-1255 (2018)
6. S. Shehzad, A. Alsaedi, T. Hayat, M. Alhuthali J. of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 45 (3) 787-794 (2014)
7. F. Lemperiere, Engineering 3, 144-149 (2017)
8. Hydraulic calculations waterworks intakes. Reference manual. (Moscow, Publ. Ener goatomizdat. 233-248 1988)
9. G. Orekhov. Ecology of the urbanized territories. 2 88-93 (2008)
10. V. Akhmetov, V. Volshanic, A. Zuikov, G. Orekhov, Simulation and calculation of counter-rotating flows. Monograph. (Moscow State University of Civil Engineering Publ., 2012)
11. G. Orekhov, XXI International Scientific Conference on Advanced in Civil Engin. FORM2018, MGSU, april 25-27. IOP Conference Series: Materials Science and Engin. 365 042023 (2018)
12. V. Volshanic, A. Zuikov, G. Orekhov, P. Churin. Power Techn. and Engin. 4 51-56 (2013); 5 32-40 (2013)
13. V. Volshanic, A. Zuikov, G. Orekhov, Uranzaya Bayaraa, The public scientific j. Ecology of urban areas, 1 23-28 (2015)
14. S. Dehdar-Behbahani, A. Parsaie, Alexandria Engineer. J. 55 467-473 (2016)
15. A. Zujkov, Hydrodynamics of circulation currents. (ASV 216 pp. 2010)

## ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ И ГАЗА

**Скляднев М. К.**

Студент 1 курса магистратуры 14 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: Орехов Г.В.**

д.т.н., профессор кафедры ГиГС НИУ МГСУ

### **Аннотация**

**Предмет исследования:** Современные лазерные методы исследования потоков жидкости и газа.

**Цели:** Сбор и анализ существующих данных по лазерным методам исследования потоков жидкости и газа, выбор оптимальных методов для проведения исследования особенностей вихревых потоков в спиральной камере гидротурбины.

**Материалы и методы:** Данное исследование было выполнено в виде аналитического обзора литературы. Для сбора информации нами был проведен поиск научно-технических данных об существующих на данный момент лазерных методах.

**Результаты исследования:** Мы выяснили, что на сегодняшний день наибольшую распространенность имеют 4 лазерных способов изучения движения потоков жидкости и газа: лазерная доплеровская анемометрия (ЛДА), трассерная визуализация потока (PIV), лазерная рефрактография, фазовая доплеровская анемометрия (PDA).

**Выводы:** Для нашего исследования наиболее подходящими являются: метод лазерной доплеровской анемометрии и метод трассерной визуализации потока.

**Ключевые слова:** Вихревой поток; лазер; лазерные методы.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Физические процессы в жидкостях и газах вследствие своего чрезвычайного разнообразия и сложности представляют значительный интерес для исследования на основе комплексного сочетания различных подходов к их изучению. Однако, при проведении экспериментов и теоретического анализа исследователи имеют дело с определенными моделями, которые не могут обеспечить адекватного представления о процессах, происходящих в реальных условиях [1].



Развитие науки и техники сложно представить без высокоточных измерительных приборов. Стало понятным, что дальнейшее развитие многих отраслей науки непосредственно связано с получением подробных данных о различных параметрах однофазных и многофазных потоков жидкости и газа. В настоящее время предъявляются очень жесткие требования к полученным данным о параметрах потоков, которые могут быть соблюдены только применением бесконтактных методов, среди которых необходимо выделить оптические методы. Данные методы были открыты еще в середине 19-го века и по началу использовались для проверки качества сферических зеркал, позднее выяснилось, что с помощью этих методов можно получать изображения конвективных потоков [2].

Основным преимуществом оптических методов можно считать то, что они не оказывают никакого влияния на исследуемый поток. Особенно велика их роль в изучении сверхзвуковых газовых потоков. Однако, создание лазеров дало возможность не только расширить сферу применения оптических методов, но и изобрести новые: лазерная доплеровская анемометрия, фазово-доплеровская анемометрия, лазерная анемометрия по изображениям частиц и ряд других.

При использовании этих методов в оптически однородный поток вводятся мелкие светорассеивающие частицы, параметры движения которых определяются по рассеянному излучению. В настоящее время такого рода приборы широко используются в аэрогидродинамических и теплофизических экспериментах [1].

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Для сбора информации нами был проведен поиск научно-технических данных об существующих на данный момент лазерных методах. Мы выяснили, что на сегодняшний день наибольшую распространенность имеют 4 лазерных способа изучения движения потоков жидкости и газа.

Первый способ – лазерная доплеровская анемометрия (ЛДА). Данный метод показывает наибольшую эффективность, когда мы хотим исследовать кинематические характеристики турбулентных потоков жидкости и газа. С помощью ЛДА можно получить не только среднюю скорость движения, но и ее пульсационные составляющие с хорошим временным и пространственным разрешением в тестируемой области. К основному минусу ЛДА можно отнести тот факт, что с помощью данного метода можно получить значение скорости потока только в какой-то одной точке. Данный метод не дает целостной картины того, что происходит в исследуемом сечении [3, 4].

Второй способ – цифровая трассерная визуализация (PIV). Основное отличие от ЛДА в том, что PIV позволяет получать мгновенное распределение скорости в исследуемом сечении и наблюдать мгновенную картину течения в пределах плоскости лазерного ножа. Также, как и при визуализации, минусом данного метода является неточность измерения из-за неодинаковой концентрации частиц в разных областях светового сечения. Помимо этого, данный способ может быть эффективным только, если можно пренебречь одной из компонент скорости (расположенной нормально к лазерному ножу) [5, 6].

Третий способ – лазерная рефрактография. Данный метод обычно применяют для получения информации об оптически неоднородных средах, например, распределение температуры в ламинарных пограничных слоях жидкости рядом с охлажденными или нагретыми телами разных форм. Для этого применяют разного рода структурированное лазерное излучение [7].

Четвертый способ – фазовая доплеровская анемометрия. Метод фазовой доплеровской анемометрии является расширением метода лазерной доплеровской анемометрии. Это бесконтактный точечный способ получения информации о распределении скоростей в жидкостях и газах, а также измерения размеров частиц.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Принцип действия (ЛДА) заключается в следующем. Лазерный луч от неподвижного источника попадает на движущийся объект. Отраженный от объекта луч попадает на неподвижный приемник. Из-за доплеровского эффекта частота излучения, регистрируемая приемником, отличается на определенную величину от частоты излучения неподвижного источника. Данная разница пропорциональна скорости движения объекта относительно источника и приемника [3].

Доплеровский измеритель скорости потока состоит из полупроводникового лазера со встроенным коллиматором. Лазерное излучение делится на два параллельных пучка с помощью призмы-ромба. Они фокусируются объективом внутри исследуемой области в прозрачной трубке. Изучаемый объем лазерного доплеровского измерителя скорости, создается областью пересечения сфокусированных лазерных лучей. Апертурная диафрагма блокирует нерассеянные составляющие этих лазерных пучков. Двухлинзовый объектив собирает и направляет на фотодиод излучение, которое рассеяли, содержащиеся в жидкости частицы. Звуковая карта персонального компьютера усиливает и регистрирует электрический сигнал фотодиода [4].

В основе метода цифровой трассерной визуализации (PIV) лежит измерение перемещение частиц примеси. Частицы (трассеры) малого размера добавляются в поток жидкости или газа. Для того чтобы эффекты, связанные с двухфазностью потока и плавучестью частиц, были незначительными плотность, размер и концентрация трассеров подбирается особым образом. Плоскость, «вырезанная» лазерным ножом, называется измерительной областью потока. Для получения результатов, частицы, находящиеся в измерительной области, должны быть освещены минимум два раза. Образы частиц фиксируются на цифровую или пленочную камеру.

Построить двухкомпонентное поле скорости и рассчитать смещение частиц за время между вспышками позволяет последующая обработка изображений. Используя два регистрирующих модуля, установленных под углом друг к другу, мы можем измерить три компоненты скорости.

Метод PIV, предполагает использование корреляционных алгоритмов обработки трассерных изображений, при которых все поле течения разбивается на элементарные измерительные области, для каждой из которых вычисляется корреляционная функция сдвигов частиц.

Максимум корреляционной функции соответствует наиболее вероятному сдвигу частиц в данной области.

Координатой максимума считается координата максимума интерполирующей функции. Зная временную задержку между вспышками лазера  $\Delta t$  и рассчитав наиболее вероятное перемещение частиц  $D$  в данной элементарной области, можно посчитать скорость [5,6].

Лазерная рефрактография основана на зондировании исследуемой прозрачной среды структурированным лазерным излучением (СЛИ), цифровой регистрации рефракционной картины (рефрактограммы) и ее компьютерной обработке с целью восстановления параметров потока. В рамках этой модели СЛИ представляется семействами лучей, которые образуют поверхности в виде дискретного набора плоскостей, вложенных цилиндров, конусов и др. Использование цифровых методов регистрации и обработки рефрактограмм позволяет решать обратную задачу восстановления профиля неоднородности температуры или концентрации и проводить количественную диагностику неоднородной среды одновременно с ее визуализацией [7].

Метод фазовой доплеровской анемометрии в отличие от лазерной доплеровской анемометрии использует более одного фотодетектора. Принцип основан на том, что оба фотодетектора будут регистрировать доплеровский всплеск одной и той же частоты от частицы, прошедшей через точку (объем) измерений, но фазы всплесков будут зависеть от

углового расположения фотодетекторов. Измеряемый диаметр частицы прямолинейно зависит от разности фаз сигналов, зарегистрированных фотодетекторами.

Оптическая система позволяет одновременно измерять размер и скорость прозрачных сферических частиц (капель, пузырьков или твердых частиц). Передающая оптика представлена лазерным доплеровским анемометром. Падающий на частицу свет частично отражается от поверхности, улавливается тремя фотодетекторами, и после преобразования в электрический сигнал определяется фазовая задержка, по величине которой определяется диаметр частицы.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исходя из вышесказанного для изучения вихревого потока в спиральной камере гидротурбины нам больше всего подходят первые 2 способа (лазерная доплеровская анемометрия, цифровая трассерная визуализация). Учитывая то, что поток в эксперименте будет турбулентным, а выбранные методы, по отдельности не дают достоверных результатов кажется естественным объединить оба измерительных комплекса. Первая попытка диагностирования режима закрученного течения в цилиндре с осциллирующим пузырем при  $h = 2$  и  $Re = 3004$  с одновременным применением обеих методик была успешно реализована. Для оценки временного масштаба нестационарности исследуемого процесса использовался LDA. Сначала информация о временных масштабах пульсаций в потоке и их характерные частоты были получены после спектральной обработки временных реализаций скорости в нескольких точках потока, измеренных с помощью LDA. С учетом информации о периоде основных колебаний при PIV-диагностике течения было применено кратно-периодическое осреднение мгновенных распределений скорости, полученных в диаметральном сечении. Применение данного подхода оказалось весьма перспективным, чтобы распространить его для дальнейших наших исследований [8].

## **ВЫВОДЫ**

По результатам аналитического обзора литературы и нашим возможностям, для проведения эксперимента по изучению особенностей вихревых потоков в спиральной камере гидротурбины, мы выбрали 2 метода: метод лазерной доплеровской анемометрии и метод трассерной визуализации потока.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евтихиева О.А., Расковская И.Л., Ринкевичюс Б.С., Толкачев А.В. Исследование физических процессов в жидкости методом лазерной рефрактографии /О.А. Евтихиева, И.Л. Расковская, Б.С. Ринкевичюс, А.В. Толкачев // Оптические методы исследования потоков. – 2013.
2. Ринкевичюс Б.С. Лазерная анемометрия / Б.С. Ринкевичюс. – Москва: Энергия, 1978. – 160 с.
3. Дубнищев Ю.Н. Новые оптические методы исследования потоков газовых и конденсированных сред / Ю.Н. Дубнищев // Автометрия. – 1994., №3
4. Федосов И.В. Лазерный доплеровский анемометр: Руководство к лабораторной работе / И.В. Федосо, Саратов, 2008. – 19 с.
5. Аникин Ю.А. Исследование закрученного потока в кубическом контейнере доплеровским полупроводниковым анемометром для жидкостей с плохой оптической разрешимостью: Диссертация / Ю.А. Аникин, В.Г. Меледин, В.Л. Окулов, Новосибирск, 2011. – 150 с.
6. Adrian R.J. Particle Imaging Techniques for Experimental fluid Mechanics // Annual Review of Fluid Mechanics. 1991. – Vol. 23. – P. 261 - 304.
7. Дубнищев Ю.Н. Оптические методы исследования потоков / Ю.Н. Дубнищев, В.А. Арбузов, П.П. Белоусов, П.Я. Белоусов. – Новосибирск. Сибирское университетское издательство, 2003. – 450 с.
8. Окулов В.Л., Наумов И.В., Соренсен Ж.Н. Особенности оптической диагностики пульсирующих течений / В.Л. Окулов, И.В. Наумов, Ж.Н. Соренсен. - Журнал технической физики 2007, том 77, вып. 5. – 47 – 57 с.

## ТРАССЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ВИХРЕВЫХ ПОТОКОВ

**Лукичев Р.В.**

Студент 1 курса магистратуры 14 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: Орехов Г.В.**

д.т.н., профессор кафедры ГиГС НИУ МГСУ

### **Аннотация**

**Предмет исследования:** метод трассерной визуализации потоков, или «Particle Image Velocimetry» (PIV).

**Цели:** Сбор и анализ существующих данных по методу трассерной визуализации потоков жидкости и газа. Определение возможности применения данного метода в исследованиях движения потока в спиральной камере гидроагрегата.

**Материалы и методы:** Данное исследование было выполнено в виде аналитического обзора литературы. Для сбора информации был проведен поиск научно-технических данных по данному методу.

**Результаты исследования:** В результате исследования было выяснено, что метод «Particle Image Velocimetry» является перспективным и популярным в сфере исследования различных, в том числе и вихревых, потоков, так как позволяет определять поля скоростей в движущейся среде.

**Выводы:** Данный метод подходит для изучения потока в спиральной камере гидроагрегата, так как позволяет получить полную картину движения частиц как в двухмерном, так и в трехмерном пространстве.

**Ключевые слова:** Вихревой поток; турбулентный поток; визуализация потока; лазерный метод.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Человечество веками интересовалось жидкостями и их поведением. Любопытство и необходимость побудили исследовать различные потоки, чтобы научиться манипулировать и использовать их силу. Изучение потоков способствовали развитию водяных колес и мельниц. Эти улучшения позволяли наиболее эффективно использовать энергию естественных потоков, повышая продуктивность сельского хозяйства и производства. Систематические документированные исследования поведения жидкости восходят к работе Архимеда «О

плавающих тела», где он развил наше понимание плавучести и фундаментальной динамики жидкости [1].

Турбулентный, хаотический характер некоторых потоков жидкости также был предметом исследований Леонардо да Винчи [2]. Он провел ряд исследований поведения жидкости и создал многочисленные эскизы, изображающие потоки в турбулентных средах, а также падающие потоки воды (рисунок 1).



Рис. 1. Эскизы Леонардо да Винчи.

Исследование гидроаэродинамических потоков играет ключевую роль в решении проблем повышения экономии топлива для автомобилей и самолетов путем снижения аэродинамического сопротивления и оптимизации эффективного извлечения энергии гидравлического и ветрового потока для производства электроэнергии.

Весомую роль в решении вышеупомянутых проблем могут сыграть способы исследования потока, такие как лазерная доплеровская анемометрия, лазерная рефрактография, фазовая доплеровская анемометрия и трассерная визуализация потоков, или же «Particle Image Velocimetry» (PIV). В данной статье речь пойдет о последнем из перечисленных выше методов.

Стоит отметить, что за более чем тридцатилетнюю историю развития трассерной визуализации (PIV), этот метод превратился в важный и широко используемый способ определения скоростных характеристик потока. Немного забегаю вперед, дополню, что данный метод позволяет измерять векторные поля скорости в выбранном сечении потока газа или жидкости.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В наши дни метод трассерной визуализации потоков активно используется в различных областях научного познания. Так, например, группа ученых в 2000 году опубликовала статью, где описала свои наработки по оценке скорости рассеяния турбулентности. Авторы отметили важность темы для понимания турбулентных течений в химической промышленности. Также стоит отметить, что в предыдущих исследованиях по данному вопросу использовались методы, позволяющие определять скорость лишь в одной точке потока, либо усредненную скорость в конечном объеме. Эти методы не могли обеспечить изучение глобального распределения скорости рассеивания в большой области потока, поэтому авторы прибегли к мгновенным многоточечным измерениям поля потока (PIV), так как этот метод больше подходит для изучения распределения скорости рассеяния. В заключении, помимо всего прочего авторы обращают внимание на то, что распределение скорости рассеяния в перемешиваемом сосуде зависит от кинематической вязкости жидкости.

Необходимо отметить, что решение трудностей с измерением всех трех составляющих скорости является лишь первым шагом, потому что оценка реального распределения турбулентной диссипации кинетической энергии в сосуде является более сложной [3].

В следующей рассмотренной статье ученые занялись исследованием потоков в открытом канале. Исследование потоков открытого канала очень важно для широкого спектра применений, включая восстановление и улучшение речных водных систем. Авторы сосредоточились на понимании характеристик потока в растительных каналах. В данной работе характеристики турбулентного течения в открытом канале изучались экспериментально с использованием «Particle Image Velocimetry» (PIV).

В статье экспериментально исследовано влияние глубинной растительности на характеристики потока в открытом канале. Результаты исследования показали, что скорость в области растительности уменьшается с увеличением высоты растительности [4].

Еще одним примером применения метода «Particle Image Velocimetry» может послужить исследование влияния растительности на характеристики потока в наклонном открытом канале. В исследовании измерялись поля скоростей в наклонном канале при различной высоте растительности в канале (от 2,5 см. до 5 см.), наклон канала также изменялся от 2 до 6 процентов.

Результаты показывают, что тип дна канала может значительно повлиять на характеристики потока. До появления растительности глубина потока имеет максимальное значение. Прямо перед растительностью глубина потока обычно уменьшается (уменьшение порядка 20 %). Таким образом, используя «Particle Image Velocimetry» авторам удалось прийти



к следующему выводу: длина растительности уменьшает глубину стока, это связано с дополнительным сопротивлением, которое вызывает присутствие растительности в потоке [5].

Коллеги из Японии доработали метод PIV для измерения поверхностных потоков реки. Ученые нестандартно подошли к данному вопросу и вели исследования с помощью видеоизображений, полученных с вертолета. В этом методе смещение фоновых изображений во время видеозаписи эффективно корректировалось с использованием известных координат неподвижных точек на изображении. Работоспособность представленного метода была проверена посредством его применения к фактическим измерениям речного стока [6].

Не обошлось без трассерной визуализации (PIV) и в исследовании потока дымовых газов в модели электрофильтров. Результаты показывают, что метод PIV хорошо подходит для исследования поля потока в моделях с электрофильтрами. Используя данный метод, ученые пришли к выводу, что вторичные потоки могут оказать большое влияние на движение и осаждение мелких частиц, в основном находящихся в субмикронном диапазоне [7].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Теперь немного поподробнее о самом методе. По сути этот метод включает в себя засев потока интересующей жидкости специальными частицами-индикаторами (трассерами), способных следить за динамическим поведением потока с незначительным взаимодействием. Затем эти частицы освещаются источником света высокой интенсивности так, что они могут отображаться камерой, направленной в поле зрения, где и будут проводится измерения скоростных характеристик (см. рисунок 2).

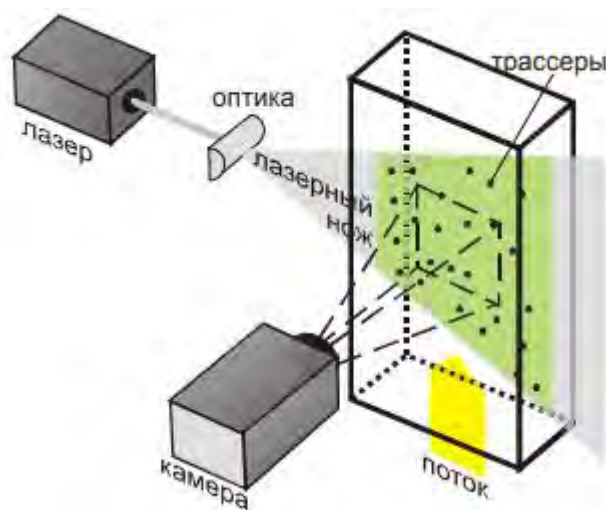


Рис. 2. Принципиальная схема измерения.

Для получения полей векторов скоростей необходимо получить как минимум два изображения захваченных последовательно, с небольшой временной задержкой ( $\Delta t$ ), достаточной для наблюдения движения частиц в кадре камеры.

Такой тип PIV измерений с двумя кадрами (импульсами) сильно распространен, хотя можно использовать и несколько импульсов (многоимпульсный PIV). Последующий анализ изменения координат частиц на полученных изображениях дает оценку смещения частиц. Далее используя известную задержку светового импульса, можно рассчитать скорость потока [1].

Важно отметить, что метод позволяет измерять мгновенные поля как двух, так и трех компонент скорости бесконтактным образом в широком диапазоне скоростей потока. В случае с измерением трех компонент скоростей в измерительной системе используются две цифровые камеры, расположенные под углом к плоскости лазерного ножа. Камеры могут располагаться как с одной стороны к плоскости лазерного ножа, так и с противоположных сторон [8].

Алгоритм обработки экспериментальных данных выглядит следующим образом. Полученные изображения разбиваются на соответственные расчетные области, затем в каждой из областей происходит поиск максимума корреляционной функции, после чего алгоритм определяет координаты этих максимумов. Зная координаты и промежуток времени за который были сделаны снимки, мы без труда можем определить вектор скорости в соответствующей расчетной области.

Различные параметры, такие как толщина листа лазера, тип частиц, размер частиц, плотность частиц, разрешение камеры, размер изображения и количество изображений могут влиять на качество измерений. На рисунке 3 видно, что крупные частицы наблюдаются в виде крупных ярких пятен размером почти с расчетную область, что неизбежно приводит к появлению ошибочных векторов скорости.

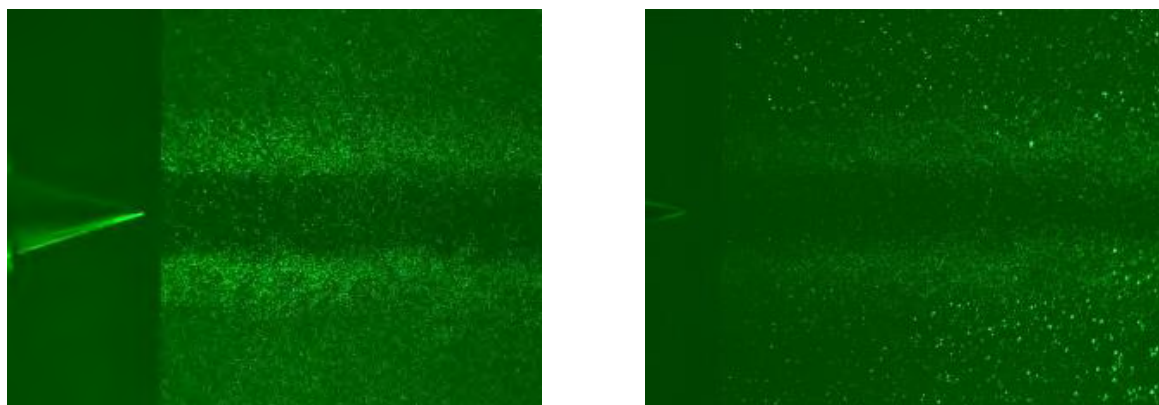


Рис. 3. Пример экспериментальных данных полученных с помощью PIV.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Метод исследования скоростных характеристик потоков «Particle Image Velocimetry» оказался широко применимым в различных отраслях науки и техники. Данный метод позволяет иначе подойти к существующим задачам, стоящим перед научным сообществом. Важно понимать, что метод PIV не совершенен, используя его, ученые сталкиваются с различными трудностями технического плана, как это было сказано выше, многие из которых удается преодолеть путем совершенствования алгоритма обработки экспериментальных данных.

Исходя из особенностей данного метода, а это бесконтактное проведение опыта, не влияющее на поток, а также возможность определения полей скоростей, то есть мгновенное определение векторов скорости в пределах расчетной области, можно предположить, что данный метод наиболее полно отразит характер поведения турбулентного потока в спиральной камере гидротурбины.

## ВЫВОДЫ

В заключении можно сказать, что метод трассерной визуализации является востребованным и перспективным методом, способным решать современные задачи, связанные с изучением различных потоков, в том числе и турбулентного потока в спиральной камере гидротурбины.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Архимед. «О плавающих телах» / Архимед. 29 с.
2. Kristian Jack Grayson. «Laser characteristics and configurations for high quality PIV measurements» / Kristian Jack Grayson. 176 с.
3. J.Sheng, H.Meng, R.O.Fox. A large eddy PIV method for turbulence dissipation rate estimation / J.Sheng, H.Meng, R.O.Fox // Chemical Engineering Science. -2000. - Volume 55. Issue 20. -Pages 4423-4434.
4. G.I. Pechlivanidis, E. Keramaris, I.G. Pechlivanidis, G.A. Samaras. Measuring the turbulent characteristics in an open channel using the PIV method / G.I. Pechlivanidis, E. Keramaris, I.G. Pechlivanidis, G.A. Samaras // Global NEST Journal. -2012. -Volume 14. Issue 3. -Pages 378-385.
5. K. Evangelos. The impact of vegetation on the characteristics of the flow in an inclined open channel using the piv method / K. Evangelos // Water Resources and Ocean Science. -2012. -Volume 1. Issue 1. -Pages 1-6.

6. Fujita I, Hino T Unseeded and Seeded PIV Measurements of River Flows Videotaped from a Helicopter / Fujita I, Hino T // Journal of Visualization. -2003. -Volume 6. Issue 3. -Pages 245-252.
7. Jerzy Mizeraczyk, Marek Kocik, Jarosław Dekowski, Mirosław Dors, Janusz Podliński, Toshikazu Ohkubo, Seiji Kanazawa, Toshiyuki Kawasaki. Measurements of the velocity field of the flue gas flow in an electrostatic precipitator model using PIV method / Jerzy Mizeraczyk, Marek Kocik, Jarosław Dekowski, Mirosław Dors, Janusz Podliński, Toshikazu Ohkubo, Seiji Kanazawa, Toshiyuki Kawasaki // Journal of Electrostatics. - 2001. -Volume 51-52. -Pages 272-277.
8. Д.Л. Захаров. Отработка методики измерения полей скоростей и концентраций с помощью PIV в течениях характерных для ГТД / Д.Л. Захаров // Труды МАИ. -2011. - № 45. -с. 1-21.

## ГАШЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПОТОКА С ПОМОЩЬЮ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ СЛОЕВ ЖИДКОСТИ

**Щербина П.О.**

Студентка 4 курса 2 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: Орехов Г.В.**

д.т.н., профессор кафедры ГиГС НИУ МГСУ

**Аннотация.** Водосбросные сооружения, входящие в состав гидроузлов, предназначены для сброса воды из верхнего бьефа гидротехнического комплекса в нижний. Существует различные виды водосбросов, конструкции которых зависят от действующего напора, типа гидроузла, топографических и геологических характеристик, а также от компоновки и состава сооружений. Важнейший вопрос при проектировании водосбросных систем – выбор эффективного и безопасного способа гашения избыточной кинетической энергии потока и обеспечение условий для защиты конструкций от кавитационной эрозии. Разработаны и применяются на практике различные способы гашения кинетической энергии, которые можно разделить на пассивные и активные. Первый способ характеризуется устройством различных препятствий в виде стенок, преград, рассекателей, устройств, обеспечивающих продольные сопротивления. Применяются конструкции в виде водобойных колодцев, отброса струи от сооружения с помощью трамплинов, ступенчатых водосбросов, где гашение энергии происходит на всём его протяжении. В активных способах используют внутреннюю избыточную энергии потоков воды. Реализацией такого подхода является взаимодействие потоков в виде соударения струй, их взаимодействие, разворот потоков во встречном направлении. Общим недостатком известных из уровня техники способов и устройств гашения энергии потоков является недоиспользование энергии движущегося потока для нейтрализации его кинетической энергии за счет совершения механической работы. При проектировании и строительстве водосбросных систем получили применение так называемые циркуляционные (закрученные) потоки. Особое место в этом классе водосбросов занимают конструкции, где используются взаимодействующие закрученные потоки, которые проявляют ряд положительных эффектов [1-8]. Данная статья посвящена исследованию гасителей энергии водного потока для гидротехнических водосбросов, использующих эффекты взаимодействующих противоположных вращающихся слоев воды. Отличительная особенность таких сооружений заключается в их конструкции, позволяющей переводить обычное продольно осевое течение в циркуляционно-продольные (закрученные) потоки с

последующим их взаимодействием в цилиндрической камере. Цель настоящего исследования – показать возможности практического применения устройств и сооружений, использующих эффекты контрвихревых течений.

**Ключевые слова:** гидротехнические водосбросы, закрученные потоки жидкости и газа, коэффициенты расхода, распределение скоростей течения, структура потока; показатели степени гашения энергии.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Взаимодействие закрученных потоков можно организовать по-разному. Наибольший эффект достигается при формировании в цилиндрической камере слоёв жидкости, которые закручены в противоположных направлениях. Это возможно сделать при коаксиальном пространственном течении этих слоёв в круглой цилиндрической камере. Внешний слой (примыкающий к внутренней стенке камеры) вращается, например) по часовой стрелке, а внутренний слой, сформированный в приосевой зоне цилиндра вращается против часовой стрелки. Такие течения принято называть контрвихревыми. Как было сказано выше, в камере встречаются и начинают взаимодействовать закрученные слои жидкости. Но для этого необходимо заранее, перед круглоцилиндрической камерой, сформировать два или более закрученных слоёв. Эту функцию выполняют локальные закручивающие устройства, отдельно для каждого слоя.

В круглоцилиндрической камере, которая называется камерой гашения кинетической энергии двух взаимодействующих слоёв, происходит их взаимное гашение. Два противоположно вращающихся слоя в камере гашения формируют сложное пространственное течение с вихревыми областями, которые генерируют очень высокий уровень турбулентности. Наложение вращающихся слоёв приводит к высоким значениям градиентов окружных скоростей, распределённых по радиусу камеры гашения. Такая структурная картина течения вызывает интенсивный энерго - и массообмен, охватывающий весь объём протекающей жидкости. Степень гидравлического сопротивления контрвихревых течений значительно превосходит обычные продольно-осевые потоки. Первоначальные макровихри, равные диаметрам противоположно вращающихся слоёв, начинают генерировать вторичные вихри более мелкого масштаба, при этом энергия начального течения коаксиальных противоположно закрученных слоёв через вихревые течения переходит в энергию искусственной турбулентности высокой степени интенсивности [2, 12]. В этом смысле

рассматриваемое течение является контрвихревым на всём протяжении своего существования, вплоть до полного его вырождения и перехода в обычное продольное равномерное течение.

**Обзор литературы.** В зависимости от напора, создаваемого на данном гидроузле, его компоновки, могут применяться поверхностные безнапорные схемы сброса воды в нижний бьеф и напорные, в том числе донные [1-3] с гашением энергии с помощью водобойного колодца и отбросом струи в сторону нижнего бьефа [4, 5]. Недостатком водобойных колодцев и схем с отбросом струю является концентрация больших значений энергии потока в одном месте, что приводит к различным разрушениям конструкций гасителей. Ступенчатые водосбросные системы [6] лишены этого недостатка, поскольку распределяют гашение энергии по всей длине водосброса, тем самым уменьшая величину погашенной энергии на единицу площади водосброса. Здесь надо отметить, что ступенчатые водосбросы применяются для относительно небольших удельных расходов сбрасываемой воды и невысоких напоров. Стремление повысить степень гашения энергии водобойные колодцы оснащаются различными преградами, турбулизирующими поток: пирсы, стенки [7, 8], расположенные на дне колодца в определённом порядке.

Во всех вышеперечисленных системах преобразование энергии в тепло происходит за счёт взаимодействия потока с твёрдыми элементами конструкций гасителя [9]. Здесь надо отметить, что при сбросе больших расходов воды в гасителе преобразуется большая мощность, достигающая мегаваттного уровня [10]. Опасность способа гашения энергии потока за счёт его гидродинамического взаимодействия с твёрдыми стенками заключается ещё и в том, что при этом возникают кавитационные явления и, связанная с этим, кавитационная эрозия [12-16].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Далеко не все задачи гидродинамики жидкости и газа могут быть рассмотрены математическими методами. Сложные пространственные структуры потока в настоящее время изучаются методом физического моделирования. Исследование контрвихревых течений относится именно к таким задачам. Для получения интегральных характеристик потока была построена модель, схема которой показана на рис. 1. Фиксировались основные параметры течения: расход, напор, давление в различных точках проточного тракта. На основании полученных данных определялись коэффициенты гашения и гидравлического сопротивления.

Как уже было сказано, контрвихревое течение является сложной составной структурой, состоящей из нескольких видов течений. К гасителю под давлением подаётся по трубе вода. Здесь мы наблюдаём обычное продольно-осевое течение. В следующей части устройства,

которая является завихрителем продольно-осевой поток переходит в циркуляционно-продольный. В этой части устройства поток закручен. При больших скоростях течения в этой области происходит разрыв сплошности потока с образованием полости, где возможно (в зависимости

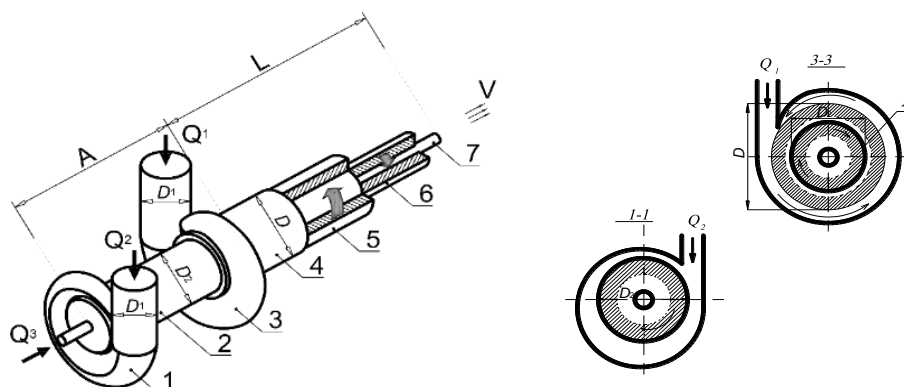


Рис. 1. Модель контрвихревого гасителя с локальными тангенциальными завихрителями. 1 – завихритель внутреннего закрученного потока; 2 – завихритель периферийного закрученного потока; 3 – внешний закрученный поток; 4- внутренний закрученный поток; 5 – осевой поток воды (свободная струя); 6 – цилиндрическая камера гашения.

от режима) образование вакуума. Причём вакуум может быть весьма глубоким, вплоть до давления насыщенных паров (предельно возможный вакуум в жидкости). Противоположно закрученные потоки, сформированные завихрителями, встречаются в цилиндрической камере гашения, где происходит их взаимодействие с последующим гашением энергии. Здесь образуется контрвихревое течение. В выходной части устройства, после завершения процесса гашения энергии потока, вновь устанавливается продольно-осевое течение, но уже со значительно более низкими осевыми скоростями течения.

Важной характеристикой контрвихревого потока является энергогасящая способность. Она определяется коэффициентом гашения энергии, приведенным к общему напору на закручивающих устройствах

$$\eta = 1 - \frac{v^2}{2gH},$$

где:  $v$  - среднерасходная скорость течения,  $H$  - общий напор, определяемый как разность давлений в потоках перед закручивающими устройствами и в отводящем канале.

Кроме коэффициента гашения энергии эффективность контрвихревых систем может оцениваться также традиционным методом через коэффициент гидравлического сопротивления



$$\zeta = \frac{2g\Delta h_w}{v^2},$$

где:  $\Delta h_w$  - суммарные гидравлические потери проточного тракта.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Энергию потока можно понижать за счет увеличения потерь по длине. Это достигается либо установкой местных сопротивлений, либо за счет увеличения гидравлических потерь по длине.

Известен гаситель энергии потока, включающий цилиндрический водобойный колодец, делитель потока и два водовода, тангенциально соединенные с колодцем, плиты перекрытия выполнены криволинейными в вертикальной плоскости симметрии колодца, выпуклостью, направленной вверх (авторское свидетельство SU №1043246, E02B 8/06 от 23.09.1983). Возвышающиеся криволинейные плиты при этом находятся под воздействием пульсационных нагрузок потока. В результате снижается эксплуатационная надежность конструкции. Известен также гаситель энергии потока, включающий цилиндрический водобойный колодец, делитель потока в два отвода, тангенциально соединенные с колодцем, плиты гасителя установлены на стойках с возможностью вертикального их перемещения и выполнены со стенками, расположенными по их периметру (авторское свидетельство SU №1059054, E02B 8/06 от 07.12.1983).

В таком техническом решении усложнена конструкция плит, связанных с пригрузочными емкостями, заполняемыми водой. При этом не исключается ударное воздействие на элементы крепления отводящего канала. Эффективность гашения энергии потока в отводящем канале недостаточна.

Основная задача сводилась к определению расходных и энергетических характеристик контрвихревых гасителей. Определяющим параметром любого водосброса является определение его пропускной способности, поэтому было важно знать характер изменения коэффициента расхода контрвихревой системы в зависимости от действующего напора и значения числа Рейнольдса. Приведены данные (рис 2), показывающие автотельные зоны, в которых основные гидравлические характеристики контрвихревых систем не зависят от числа Рейнольдса ( $Re$ ), а, следовательно, и от напора ( $H$ ).

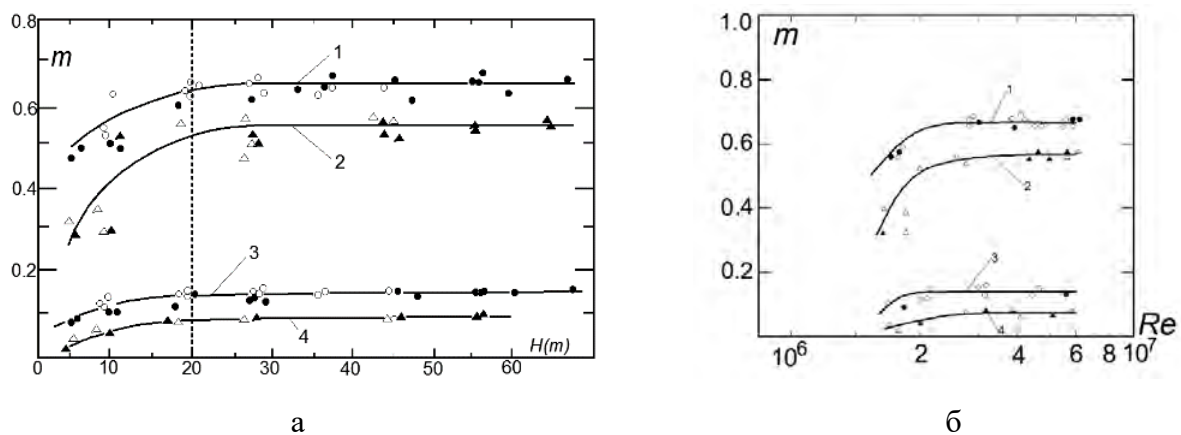


Рис. 2. Коэффициент расхода: а – зависимость  $m = f(H)$  на режимах без подвода центральной струи при  $P_0/\rho gH = -0,03$ , б – зависимость  $m = f(Re)$  на режимах с подводом центральной струи при  $P_0/\rho gH = -0,075$ . Позиции 1, 2 на графиках – режим с центральной струей, позиции 2, 4 без центральной струи

Согласно рис. 2 при  $P_0/\rho gH < -0,03$  условия автомодельности по напору и Рейнольдсу гарантированно достигаются при значениях  $H \geq 20$  м и  $Re \geq 2,0 \cdot 10^7$ . Это показывает, что условия автомодельности по Рейнольдсу в контрвихревых течениях наступают существенно раньше, чем для осевых потоков. Это обстоятельство связано с высокой искусственной турбулизацией, возникающей при взаимодействии в камере гашения коаксиальных противоположно закрученных слоёв. Интенсивность турбулентности в камере гашения примерно в 6-8 раз выше, чем естественная турбулентность обычного продольно-осевого течения при тех же числах Рейнолдса.

Эксперименты показали, что разделенные обтекателем локальные завихрители существенного взаимного влияния на работу друг друга не оказывают. Возникающие подпоры являются фактором, препятствующим развитию кавитационных явлений в камере гашения и на обтекаемых потоком поверхностях напорного участка проточного тракта контрвихревой системы. Важным вопросом, решаемым в физическом эксперименте, является вопрос определения энергогасящей способности контрвихревой системы, отражающей их эффективность (рис. 3).

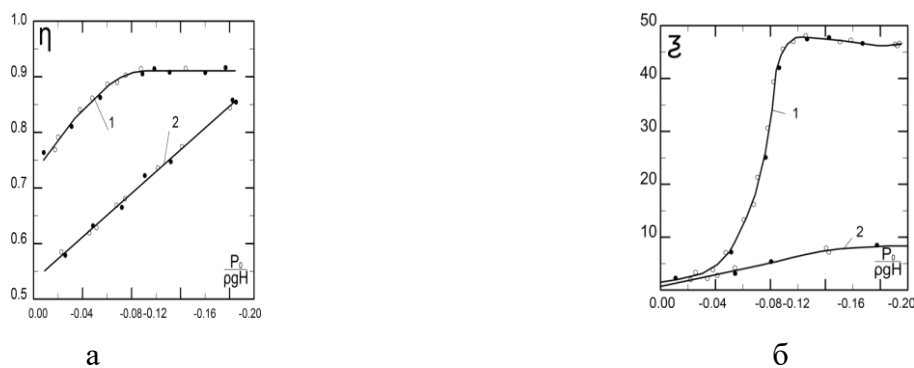


Рис. 3. Параметры эффективности гашения в зависимости от значения вакуума в осевой области течения: а – коэффициент гашения энергии  $\eta$ , б – коэффициент гидравлического сопротивления  $\zeta$

Коэффициент гашения энергии определялся по значению напора и скорости течения. Напор определялся как разность давления перед гасителем и давлением в том створе, где контрвихревое течение переходит в продольно-осевое с достаточно гладкой свободной поверхностью. Такой свор находился в выходном лотке, где циркуляция потока полностью была погашена взаимодействующими слоями. Гладкая поверхность указывает на то, что взаимодействующие потоки практически полностью гасят закрутку друг друга, и данное место пригодно для определения скорости течения и напора. Эффективность контрвихревой системы может оцениваться также традиционным способом через коэффициент гидравлического сопротивления.

Эффективность гашения энергии при взаимодействии противоположно закрученных слоёв, как показали исследования, весьма высока. Фактически при взаимодействии слоёв в камере гашения преобразование кинетической энергии в тепло составляет 90-98% от действующего напора. Наблюдается эффект резкого усиления гашения энергии с увеличением относительного вакуума  $P_0/\rho gH$ . Это происходит на режимах без подвода осевого потока в камеру смешения.

Можно сформулировать две характерные особенности контрвихревых течений:

- графики зависимости коэффициента расхода от напора и чисел Рейнольдса чётко отражают проявление автомодельности, которое свойственно турбулентным потокам. Начиная с напора  $H=20$  м коэффициент расхода автомоделен напору, то есть от него не зависит. Аналогичная картина наблюдается и с числами Рейнольдса. В целом можно сказать, что коэффициент расхода колеблется в довольно широком диапазоне от 0,35 до 0,75 в зависимости от режима работы. Включение центральной струи в работу резко увеличивает пропускную способность гасителя;

- контрвихревое течение обладает чрезвычайно высокой степенью гашения

кинетической энергии потока. Гашение происходит исключительно за счёт сил внутреннего трения, возникающих в каскадной вихревой структуре потока. Эта структура представляет собой последовательность вихрей, распределённых по течению, начиная от макровихрей в начале взаимодействия и заканчивая микровихрями в конце взаимодействия вплоть до молекулярного уровня. Исследования показали, что 90-98% всей исходной кинетической энергии потока гасится в результате взаимодействия и переходит в тепло. Причём гашение происходит очень интенсивно, на длине порядка 6-8 диаметров камеры гашения. Этот эффект контрвихревого течения может быть использован при проектировании и строительстве компактных гасителей энергии гидротехнических водосбросов.

## **ВЫВОДЫ**

Контрвихревое течение, обладая рядом положительных эффектов, может с успехом применяться в различных отраслях, где необходимо распыливание жидкости (двигатели внутреннего сгорания), перемешивания и диспергирования жидкостей (ферментёры и аэраторы), классификации дисперсных материалов (устройства обогатительного производства), гашение энергии (гидротехнические водосбросы).

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Volshanik V.V., Zuikov A.L., Orekhov G.V., Churin P.S. Skip idling costs through the turbine flow medium or high pressure HPS. "Hydraulic engineering", Part 1, 2013, №4. p. 51-56; Part 2, 2013, №5. p.32-40.
2. Churin P., Kapustin S., Orekhov G., Poddaeva O. Experimental Studies Counter Vortex Flow Modeling // Applied Mechanics and Materials. — 2015. Vol. 756. — P. 331–335
3. Akhmetov V.K., Volshanik V.V., Zuikov A.L., Orekhov G.V. Modelling and calculation counter vortex currents Edited by Zuikov A.L. М.: MSUCE, 2012, 252 p.
4. Mattingly J. D., Oates G. S. An Investigation of the Mixing of Co-annular Swirling Flows //AIAA paper.– 1985. – №.85-0186. – С.15.
5. Зуйков А.Л. Уточненные азимутальные скорости в течении за локальным завихрителем // Вестник МГСУ. 2012. № 1. С. 51–56.
6. Зуйков А.Л. Профили тангенциальных скоростей в циркуляционном течении в трубе // Вестник МГСУ. 2009. № 3. С. 195–199.
7. Волшаник В.В., Зуйков А.Л., Мордасов А.П. Аналитический метод гидравлического расчета вихревых шахтных водосбросов // Гидротехническое строительство. 1989. №4. С. 38-42.

8. Зуйков А.Л. Распределение продольных скоростей в циркуляционном течении в трубе // Вестник МГСУ. 2009. № 3. С. 200–204
9. Зуйков А.Л. Структура вязкого циркуляционно-продольного течения в цилиндрическом канале // International Journal of Computational Civil and Structural Engineering. 2012. Т. 8. № 2. С. 82–96.
10. Зуйков А.Л. Устойчивость циркуляционно-продольного течения // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2009. № 11-12. С. 77-86.
11. Volshanik V.V., Karelin V. Ya., Zuikov A.L., Orekhov G.V. Engineering Hydraulics of Convoluted Liquid Flows. "Power Technology and Engineering", 2000, Т. 34, № 11. С. 548-551.
12. Krivhenko G.I., Mordasov A.P. Kvytkovskay E. V., Volshanik V.V., Zuikov F.L., High-pressure water waste system with a counter vortex quencher energy of water flow. "Hydrotechnical construction", 1981. No. 10. pp. 29-31.
13. Parra-Santos M. T. et al. Aerodynamic characterization of isothermal swirling flows in com-bustors //International Journal of Energy and Environmental Engineering. – 2014. – Т. 5. – №. 2-3. – С. 85.
14. Hashimoto H. Swirling flow accompanied by cavity in circular tube //Reports of institute of hight speed mechanics Tohoku university. – 1968. – №. 19. – С. 241-257.
15. Зуйков А.Л., Орехов Г.В., Волшаник В.В. Распределение азимутальных скоростей в ламинарном контрвихревом течении // Вестник МГСУ. 2013. № 5. С. 150–161.
16. Karelin V.J., Krivhenko G.I., Mordasov A.P. Volshanik V.V., Zuikov A.L., .. Akhmetov V.K. Physical and mathematical modeling of systems of energy dissipation vortex spillway. Abstracts of scientific-technical conference "Physical and mathematical modeling of hydraulic processes ..." Divnogorsk, 1989. pp. 11-12.

## АНАЛИЗ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ ГАБИОНОВ

**Тюменцев В.С.<sup>1</sup>, Шпудейко М.Н.<sup>1</sup>, Абрамова Л.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Студент 3 курса 2 группы ИГЭС НИУ МГСУ

<sup>2</sup>Студентка 1 курса магистратуры 15 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научные консультанты:** Ходзинская А.Г.<sup>1</sup>, Кудрявцев Г.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>к.т.н., доцент кафедры ГиГС НИУ МГСУ

<sup>2</sup>ст. преподаватель кафедры ГиГС НИУ МГСУ

**Аннотация.** Имеющий в настоящее время широкое применение в различных случаях способ крепления откосов с помощью габионов и матрасов Рено имеет существенные ограничения по использованию. Рассмотрены достоинства и причины неудовлетворительной работы габионов в разных случаях (подпорные стенки, откосные сооружения) под действием основных нагрузок. Приведены примеры разрушения габионов и проанализированы причины. Приводятся рекомендации по предотвращению деформаций и разрушений конструкций из габионов.

**Ключевые слова:** габионы, металлическая сетка, природный камень, нагрузки.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широко распространен метод берегоукрепления с использованием конструкций из габионов (с итальянского *gabione* – «большая клетка»). Область применения габионов вообще очень разнообразна (военное дело, строительство). В строительстве габионы использовали, как быстро возводимые сооружения для укрепления крутых склонов и участков берегов рек, которые подвержены оползням, а также размыванию оснований. Для каждого случая использовались различные разновидности габионных конструкций: матрацно-тюфячные, коробчатые, с армирующей панелью и цилиндрические. Такие конструкции изготавливаются из металлической оцинкованной сетки двойного кручения.

### ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В России габионы начали использоваться в 20-30 годах 20-го века для укрепления берегов рек и при строительстве дорог [1]. Многие авторы отмечали разнообразные достоинства креплений из габионов [2,3,4].

Исследования использования габионов в морской берегозащите были начаты в 80-х годах 20-го века в Австралии в лаборатории водных исследований университета Нового Южного Уэльса [5]. Основным вопросом была величина волновых нагрузок, при которых габионные структуры работают эффективно с целью применения их в морской берегозащите. Исследования проводились как в лабораторных, так и в натуральных условиях. Исследовали габионы различных типоразмеров: от 4,0 x 1,0 x 1,0 м до 6,0 x 2,0 x 0,23 м; В исследованиях варьировали высоту волн, угол наклона защитного покрытия (заложение откоса) к горизонту и размер камня заполнителя. Основные результаты этих экспериментов позволили установить зависимость необходимой толщины габионной защиты и размера камня заполнителя от высоты волн и угла наклона сооружения.

Исследования Дельфтской гидравлической лаборатории [6] были начаты в 1983 г. и делятся по сегодняшний день. Это натурные наблюдения за волновым воздействием на различные типы защитных покрытий берега, которые проводятся на берегу канала Хартель, где укладывались различные типы облицовок.

Опыт строительства габионных берегоукрепительных сооружений в районах с низкими температурами был обобщен в работе [7]. Было предложено два варианта береговой защиты от ледохода весной и размыва береговой линии летом. Это матрасы Рено, уложенные в один слой различной толщины и матрасы Рено в сочетании с гравитационной подпорной стенкой. Была учтена необходимость анкеров, связывающих габионное сооружение с грунтом, применение которых резко повышает устойчивость конструкции к сдвигу и подмыву, хотя и приводит к удорожанию на 5-10%.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Опыт эксплуатации объектов, на которых применялись габионные конструкции, показывает, что они имеют хорошие эксплуатационные свойства и ряд преимуществ по сравнению с бетонными конструкциями.

Конструкции из габионов – это хороший способ укрепить берег при обвалах грунта и необходимости увеличить нагрузку на прибрежную зону. На рис.1. показано крепление берегов и русел рек с защитой откосов от склоновой эрозии размыва, на рис.2. – работы по креплению берега, а на рис.3 - готовая ступенчатая кладка.

При укреплении береговой линии чаще всего используют габионы со скошенной боковой стороной (лицевая часть конструкции будет не отвесной, а покатой) либо применяют коробчатые контейнеры и делают спуск к воде ступенчатым.

Габионы достаточно тяжелы за счет наполнения их бутовым камнем, что позволяет им удерживать грунт без дополнительных приспособлений. Прослойка между габионами и землей в виде геотекстиля и обратной засыпки из песка позволяет конструкции в прямом смысле «дышать», пропуская воду и препятствуя смешению земляных слоев и созданию давления воды на сооружение. Берегоукрепление с помощью габионных конструкций можно выполнять в любое время года, даже зимой.

Опыт эксплуатации многочисленных объектов, на которых применялись габионные конструкции показывает, что они имеют хорошие эксплуатационные свойства и ряд преимуществ по сравнению, с другими конструкциями, например, бетонными.

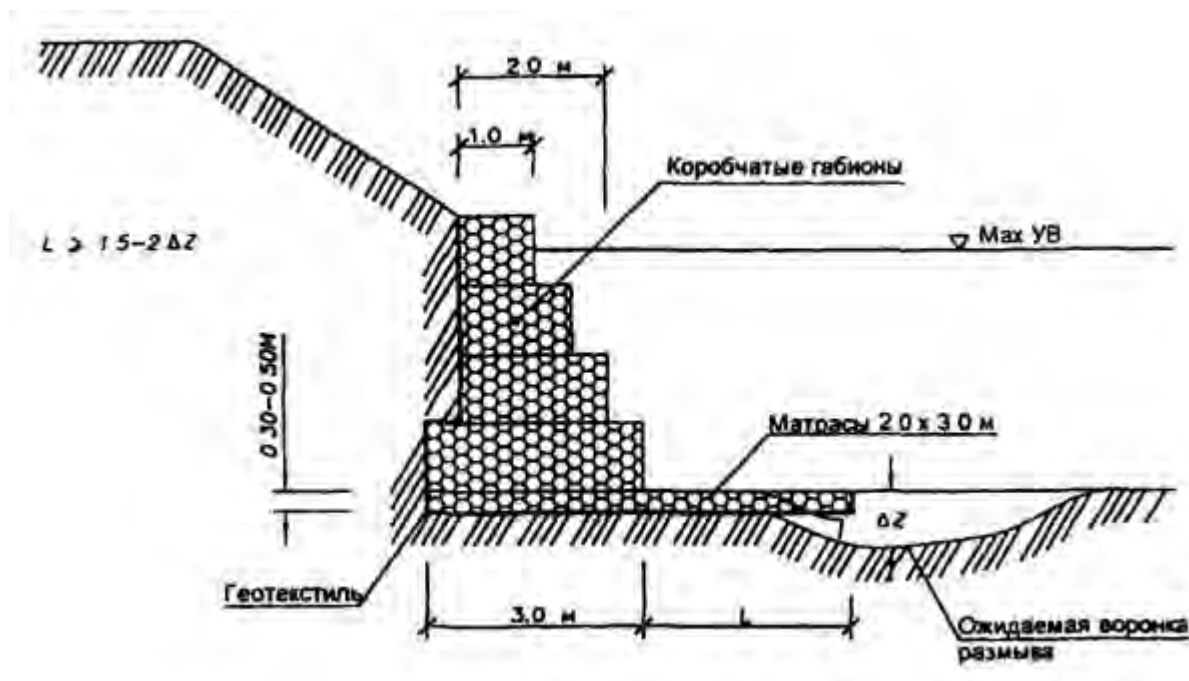


Рис.1. Крепление берегов рек для защиты откосов от склоновой эрозии размыва

Эти преимущества следующие.

- Гибкость и пластичность. Этим конструкциям можно придать практически любую форму, а при осадке и давлении грунта они могут незначительно изгибаться, не теряя своих свойств.

- Надежность и долговечность. При выборе качественных материалов и правильной установке габионы могут прослужить более ста лет.

- Простота установки. Для установки конструкций не требуется масштабных подготовительных работ, а сами они устанавливаются достаточно быстро.

- Несложность подготовки основания; ошибки при монтаже минимальны.





Рис. 2. Работы по укреплению берега



Рис.3. Ступенчатая кладка

- Высокая скорость установки.

- Проницаемость. Сооружения прекрасно пропускают воду, сквозь них могут прорасти растения, оживляя их, делая частью природного ландшафта. При этом ни вода, ни корни растений не влияют на прочность и целостность конструкции.

- Устойчивость к коррозии. Габионы изготавливаются из нержавеющей проволоки, а значит, каркас не будет медленно разрушаться под воздействием коррозии;

- Высокие экологические и эстетические свойства – отсутствие воздействия на окружающую среду и привлекательный внешний вид;

- Незначительные и эксплуатационные расходы.

Несмотря на большое число положительных качеств, конструкции из габионов целесообразно использовать не во всех случаях: имеются сведения и о ряде недостатков габионов, которые особенно сильно проявляются при использовании их на реках, переносящих большое количество крупных наносов, а также на берегах морей и крупных водохранилищ:

- слабая устойчивость проволочных контейнеров к воздействию гальки и песка, переносимых течением и волнами;

- ПВХ (полихлорвиниловая) защита проволоки подвергается воздействию ультрафиолетового излучения и растрескивается, что приводит к коррозии проволоки;

- необходимость постоянного наблюдения и ремонта.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Конструкции из габионов, которые должны защищать насыпь не выдерживают воздействия горных рек с сильным течением. В потоке воды содержится огромное количество камней, песчанно-гравийных частиц, которые как абразивом разрезают проволоку, удерживающую габионы. После такой «подготовки» сильный паводок легко размывает всё

наполнение габионов, и камни, смешавшись с водой, еще больше разрушают насыпь. Примером может служить разрушение габионов на р. Алма-Атинка.

В Калининградской области габионы были использованы на побережьях Светлогорска и Пионерского. В Светлогорске протяжённость берегоукрепления составила около 1200м. Уже в начале 2009 г. (то есть сразу после окончания строительства) появились свидетельства неспособности габионов противостоять штормовым волнам – многие контейнеры оказались порванными, а камень был разбросан по пляжу.

В 2010 году проводилось два обследования габионов - в январе и октябре, которые показали неудовлетворительное состояние некоторых участков берегоукрепления: увеличилось количество порванных и пустых контейнеров. Обследование летом 2011 г. подтвердило, что габионы подвергаются сильному разрушению. Так, например, часть габионов под променадом г. Светлогорска подверглись сильному наклону. Следует отметить, что габионы при контакте с волнами действуют как волноотбойная стенка и это вызывает размыв пляжа. В некоторых местах, расположенных в непосредственной близости от габионов видно значительное уменьшение пляжа.

Мировой опыт применения габионов на морских побережьях предполагает ряд правил их использования. Здесь главной характеристикой габиона является его конструкция, так как главной задачей габионов является не противостояние волнам, а предотвращение сползания берегового склона. Но если все же волны достигают габиона, его необходимо строить так, чтобы он эффективно рассеивал волновую энергию. Этого можно добиться только строительством наклонных габионов. Габионы, построенные на побережье Калининградской области, являются вертикальными, они имеют вид лестницы с тремя-четырьмя ступенями. С задачей удержания склона от сползания они справляются, но вот эффективно противостоять волновому воздействию они не способны.

Габионы, построенные на побережье Калининградской области, оказались малоэффективным способом берегоукрепления. Габион, не защищенный пляжем, быстро разрушается от истирающего воздействия песка и гальки, переносимых волнами и перестает удерживать склон, что ведет к его дальнейшему сползанию и разрушению.

Цимлянское водохранилище, образованное в долине реки Дон, является одним из крупных искусственных водоемов, осуществляющих многолетнее регулирование стока, и имеющим переменный режим уровней воды. После начала эксплуатации водохранилища на его берегах происходила интенсивная переработка берегов, выравнивание береговой линии за счет разрушения волнами выступов и мысов и отложения наносов.

За последние 15 лет, после изменения правил эксплуатации Цимлянского гидроузла, сильно активизировались абразионные процессы побережья Цимлянского водохранилища. По мере сработки водохранилища абразивные процессы уменьшаются, и идёт переотложение продуктов обрушения в прибрежной зоне. Амплитуды колебания уровней составляют 2-3 метра.

Основную роль в распределении водных масс в Цимлянском водохранилище играют сгонно-нагонные и компенсационные течения. Наибольшую повторяемость в районе г. Цимлянска имеют северо-восточные (до 43%) и юго-западные (до 26% летом) ветры. Эти ветры в основном и обуславливают нагоны. Береговая линия г. Цимлянска представляет преграду для нагонного течения.

Волны настолько активно «обрабатывают» правый берег водохранилища, что в черте Цимлянска сложилась критическая ситуация. Возникла угроза безопасности населения и инфраструктуры города, происходит ухудшение качества воды и обмеление водохранилища.

Эрозионная деятельность проявляется в образовании промоин и обрушении берегового склона [8]. В результате размыва берег ежегодно смещается в среднем на 0,5-1 метра. В настоящее время бровка берегового уступа у г. Цимлянска находится в угрожающей близости от существующих строений и исторических памятников.

Инвестиционный проект «Берегоукрепление Цимлянского водохранилища в черте Цимлянска» был реализован в рамках федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах».

Проектом рассматривались три варианта строительства берегозащитного сооружения:

- 1) Откосное крепление берега.
- 2) Полуоткосное крепление берега.
- 3) Из коробчатых габионов и каменной наброски у основания берегоукрепления.

На основании технико-экономического сравнения вариантов берегоукрепления, в качестве основного был принят третий вариант защиты береговой полосы.

Для защиты береговой зоны г. Цимлянска запроектированы и построены берегозащитные сооружения на двух участках:

- первый, длиной 314 м, из коробчатых габионов, с устройством армогрунта и засыпки пространства между берегозащитной стенкой и береговым откосом;
- второй, протяжённостью 1400 м выполнен из коробчатых габионов, с устройством фундамента из цилиндрических габионов.

Для аккумуляции наносов, которые перемещаются вдоль береговой линии, предусмотрено строительство бун у первого участка - 7 бун из коробчатых габионов,

длиной 8-12 м.

Работы по монтажу берегоукрепления велись в следующей последовательности [1,4]. Сетчатые конструкции коробчатого габиона раскладывались на подготовленной под основание поверхности, производилась обвязка углов соприкасающихся между собой панелей. Собранные контейнеры соединялись между собой в группы проволокой. Заполнялись габионы камнями (100-250 мм). Для защиты нижних рядов берегозащитной стенки от ледовых нагрузок устроена каменная наброска, которая также играет роль водогасящего устройства. После укладки цилиндрических габионов на них укладывались коробчатые габионы, прочно перевязанные между собой. За подпорной стенкой укладывался фильтрующий материал - стеклохолст «Дарнит», препятствующий суффозии грунта

Обследования состояния берегозащиты были проведены после года эксплуатации, а также после осенних штормов 2013 года и показали, что сооружения частично потеряли свои эксплуатационные качества: габионы, подверженные волновому воздействию, потеряли свою первоначальную форму и сильно деформировались, а заполняющий камень выпадает из габионов. Образовались участки сильно поврежденных габионов, часть каменной подсыпки разрушена и унесена в воду.

Рассматривая современное состояние берегозащитных сооружений можно сделать выводы об ошибке определения основного направления и высоты волн, а также высоты ветрового нагона [8].

Во время обследования при рассмотрении заполнителя габионов оказалось, что 50-60% камня было округлой формы, что является нарушением ГОСТ Р 52132–2003 «Изделия из сетки проволоочной крученной с шестигранными ячейками для габионных конструкций», а также рекомендаций [9]. Под воздействием волн окатанный камень двигался в габионе, раздавливая и деформируя сетку, что приводило к его разрушению. Согласно ГОСТ, размер камня в коробчатых габионах высотой 0,5-1,0 м при высоте волны 0,9-2,0 м должен быть условным диаметром не менее 250 мм. Укладка камня тех рядов, которые обращены к водохранилищу, должна проводиться вручную по методу кирпичной кладки с «перевязкой» камнем-пластужкой. Таким образом должна достигаться неподвижность камня в габионе. При укладке габионов в несколько рядов, следует их размещать от нижнего ряда через ряд короткой стороной в сторону воды, а остальные укладывать с перевязкой рядов.

## **ВЫВОДЫ**

- Основные недостатки габионов, сильно проявляются при использовании их на реках, переносящих большое количество крупных наносов, а также на берегах морей и крупных

водохранилищ, так как проволочные контейнеры имеют слабую устойчивость к воздействию гальки и песка, переносимых течением и волнами.

- Как показывает опыт использования габионов в берегозащитных сооружениях, сетка габионов не выдерживает волновой нагрузки, если габионы не защищены откосами, пляжами, волноломам, то есть конструкциями, воспринимающими основную нагрузку от волн. В морских берегозащитных сооружениях желательно использовать для габионов сварные каркасы.

- Альтернативой габионам является железобетон или новейшая разработка российских ученых панели из композитных материалов, но они значительно дороже габионов.

- Габионные конструкции имеют при тяжелых условиях эксплуатации сравнительно недолгий срок службы, заполнение ящиков должно вестись в соответствии с рекомендациями, конструкции требуют постоянных наблюдений и ремонта.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов И.А., Медведев С.С. Габионы в мелиорации и дорожном строительстве. – Улан-Удэ, 2005. – 121 с.
2. Ramli M., Karasu T.J.r., Dawood E.T. The stability of gabion walls for earth retaining structures // Alexandria Engineering Journal. Alexandria: Faculty of Engineering of Alexandria University, Elsevier B.V., 2013. Vol. 52. № 4. P. 705–710.
3. Toprak B., Sevim O., Kalkan I. Gabion walls and their use // International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering, 2016. Vol. 3, № 4.
4. Даревский В.Э., Романов А.М. Проектирование сооружений, обеспечивающих устойчивость грунтовых массивов (набережные, берегоукрепления, подпорные стены, защита от оползней и пр.) – Москва: Изд-во Мастер, 2011, 596с.
5. Brown C.T. Gabion Report. The Water Research Laboratory the University of New Soarth Wales, Research Report No.156, Octobre 1979.
6. Reno Mattresses as bank Protection in navigation fair ways - Report of Hartercanal prototype measurements. Delft, 1989.
7. Багин А.В. Совершенствование методов оценки взаимодействия ледовых образований и сооружений из габионов: автореферат дис. ... канд. техн. наук. – М., 2012. – 23 с.
8. Тищенко А.И., Сенчуков Г.А., Гостищев В.Д., Челохов В.Ц. Расчет устойчивости подпорной стены из габионов по защите берегов Цимлянского водохранилища от разрушений. Экология и водное хозяйство, Новочеркасск, №2(02) 2019, с 81-99 DOI:10)

9. Мелиорация. Руководство по защите земель, нарушенных водной эрозией. Габрионные конструкции противоэрозионных сооружений. ВСН-АПК 2.30.05.001-03 Минсельхоз.

## МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТРАНШЕЙНОГО ВОДОСБРОСА

Толмачев Д.А.<sup>1</sup>, Федорова П.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Студент 3 курса 3 группы ИГЭС НИУ МГСУ

<sup>2</sup>Студентка 3 курса 5 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научный консультант: Глазов А.И.**

К.т.н., доцент кафедры ГиГС НИУ МГСУ

### Аннотация

В данной статье рассмотрены методы расчета траншейного водосброса. Целью исследования стала основная задача проектирования траншейного водоприемника – решение дифференциального уравнения движения воды. На основе изучения разных методов расчета траншеи установлены основные достоинства и недостатки каждого из решений. Сравнивая полученные результаты трех ученых, удалось определить наиболее эффективный метод расчета траншеи. Авторы статьи пришли к выводу, что метод С.С.Руднева позволяет определить оптимальные размеры траншеи для условий пропуска максимального расхода воды. Именно этим обосновывается активное внедрение данного способа решения дифференциального уравнения движения воды в современный процесс расчета траншейного водосброса.

**Ключевые слова:** Дифференциальное уравнение движения воды; траншейный водосброс; кривая поверхности.

Траншейный водосброс входит в группу водосборных сооружений и является разновидностью канала с боковым притоком. Основным преимуществом траншейного водосброса является небольшой объем земляных работ по подводящему каналу в сравнении с конструктивными решениями водосброса с фронтальным подводом воды, что позволяет значительно повысить экономическую эффективность гидротехнического сооружения.

Вода в траншейный водосброс может поступать как с одной, так и с двух или с трех сторон. Отличительными особенностями движения потока в траншее являются изменение его первоначального направления движения и переменные расходы воды по длине траншеи. В случае одностороннего поступления воды – образование поперечной циркуляции. Циркуляция воды в траншее является проблемой, так как она приводит к возникновению неблагоприятных режимов течения воды в отводящем тракте. Таким образом, борьба с

образованием винтового движения в траншее является одной из задач проектирования траншейного водоприемника.

На рисунке 1 представлен туннельный водосброс с траншейным водоприемником. Устройство носков в чередующихся пролетах приводит к взаимному гашению винтового движения в траншее и предотвращению нежелательной циркуляции воды на отводящем тракте.

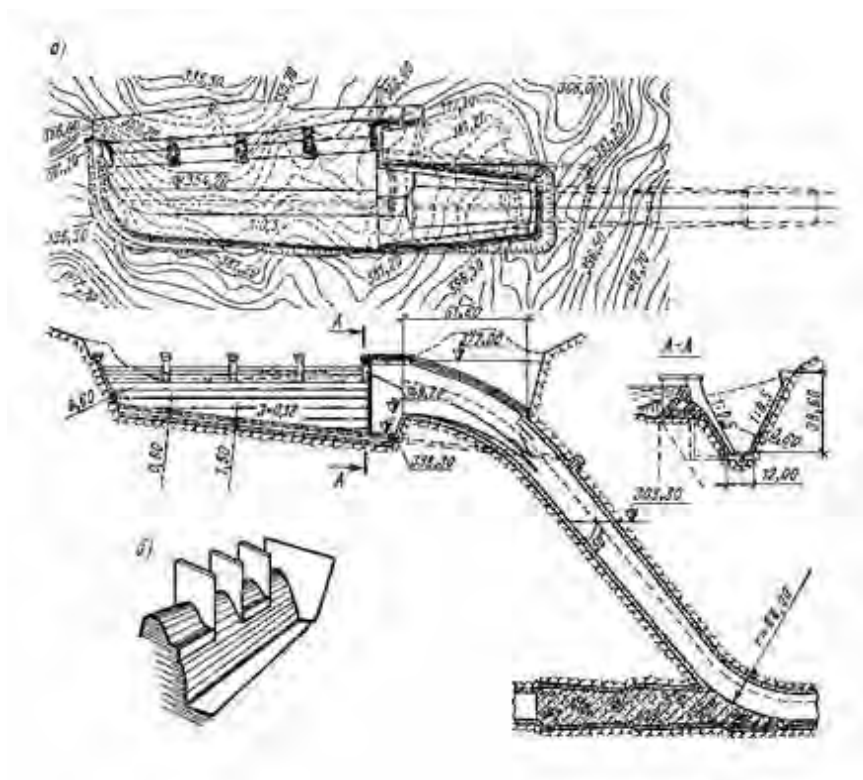


Рисунок 1

Многие исследователи, например: Х. Хиндс, Х. Фавр, С.С. Руднев, Х.А. Навоян, Г.А. Петров, А.М. Мильчин, П.Г. Киселев. и другие, пытались получить единую методику гидравлического расчета траншейного водосброса, однако несмотря на множество работ она так и не была разработана. Поэтому в настоящее время проектировщик может выбирать любой из существующих методов расчета при решении задач проектирования траншейного водосброса.

Основное дифференциальное уравнение движения воды записывается следующим образом [1]:

Для призматической траншеи (с постоянной шириной по дну):



$$\frac{dh}{ds} = \frac{-2 \frac{Q}{g\omega^2} \frac{dQ}{ds} + i - i_f}{1 - \frac{Q^2}{g\omega^3} B}, \quad (1)$$

для непризматической траншеи (с переменной шириной по дну):

$$\frac{dh}{ds} = \frac{-2 \frac{Q}{g\omega^2} \frac{dQ}{ds} + \frac{Q^2}{g\omega^2} \frac{\partial \omega}{\partial s} + i - i_f}{1 - \frac{Q^2}{g\omega^3} B}, \quad (2)$$

где:  $dQ$  – изменение расхода,

$ds$  – длина,

$\omega$  – площадь живого сечения основного потока,

$B$  – ширина потока по верху,

$i$  – уклон дна траншеи,

$i_f$  – уклон траншеи,

$g$  – ускорение свободного падения.

Для решения данных дифференциальных уравнений их необходимо проинтегрировать, однако различные методы отличаются трудоемкостью. Распространено решение методом конечных разностей.

Для призматической траншеи:

$$\Delta S = \frac{[g \cdot \omega_{cp}^3 - (q \cdot S_{cp})^2] B_{cp} \cdot \Delta h}{i \cdot g \cdot \omega_{cp}^3 - 2 \cdot \omega_{cp} \cdot q^2 \cdot S_{cp}}, \quad (3)$$

для непризматической траншеи:

$$\Delta S = \frac{[g \cdot \omega_{cp}^3 - (q \cdot S_{cp})^2] B_{cp} \cdot \Delta h}{(q \cdot S_{cp})^2 \cdot a \cdot h_{cp} + i \cdot g \cdot \omega_{cp}^3 - 2 \cdot \omega_{cp} \cdot q^2 \cdot S_{cp}}, \quad (4)$$

где:  $q$  – удельный расход на водосливе,

$\omega_{cp}$  – среднее значение площади живого сечения,

$B_{cp}$  – среднее значение ширины потока по верху,

$h_{cp}$  – среднее значение глубины канала,

$S_{cp}$  – длина траншеи от начального верхнего сечения до середины расчетного участка.

Если известен закон изменения скоростей потока по длине траншеи, то можно решить основное дифференциальное уравнение. Его решение будет зависеть от зависимости для скорости. Таким образом, Х. Хиндс задается следующей зависимостью для скорости:

$$V_s = a \cdot S^n,$$

где:  $S$  – расстояние от начального верхнего сечения траншеи до расчетного,

$a$  – постоянная,

$n$  – постоянная.

Благодаря этому получает формулу, позволяющую построить кривую поверхности воды и дна. Недостатки этого метода были выявлены в ходе эмпирических проверок и выявили завышение отметок дна траншеи, что неизбежно приводило к подтоплению гребня водослива.

Метод Х.А. Навояна схож с методом Х. Хиндса. Навоян задается законом изменения скорости:

$$V_s = V \cdot \left(\frac{S}{l}\right)^P,$$

где  $V$  - расстояние от начального верхнего сечения траншеи до расчетного,

$P$  – параметр  $0 < P < 1$ ,

$l$  – длина траншеи.

Получая расчетные формулы для определения глубин траншеи и профиля ее свободной поверхности Навоян строит профиль дна траншеи.

Уравнение кривой продольного профиля свободной поверхности потока:

$$y_s = \frac{v^2(1+p)S^{2p}}{2pl^{2p}g}$$

Глубина потока в траншеи:

$$h_s = \frac{ql^p}{bv} S^{1-p},$$

где:  $q$  – удельный расход на гребне водослива,

$b$  – ширина траншеи,

Оптимальная скорость в конечном сечении:

$$V = \sqrt[3]{\frac{Qpg}{b(p+1)}},$$

где:  $Q$  – расход в конце траншеи.

Данные формулы просты в применении, но во всех случаях приводят к возникновению сложной формы дна траншеи, что неизбежно приводит к дополнительным затратам на этапе строительства. Выявить аналитическое решение для плоского дна Навояну не удалось.

С.С. Руднев проинтегрировал уравнение для призматического русла и получил решение в виде конечной формулы, а для непризматической формы нашел решение применяя численное интегрирование. Таким образом он смог перевести их в табличную и графическую форму, подходящие для траншей с дном любой формы поперечного сечения. Данный метод предполагает, что в конце траншеи устанавливается критическая глубина и удельный расход присоединения по длине траншеи не изменяется [2,3].

$$H_o = K_o \cdot h_{кр} \quad (5)$$

$$u = \frac{b_k}{B_k}, \quad r = \frac{b_0}{b_k}, \quad p = \frac{z}{h_{кр}(1+ur)}, \quad (6)$$

где:  $K_0$  – значение, зависящее от параметров  $u$ ,  $r$ ,  $p$ ,

$h_{кр}$  – критическая глубина в конечном сечении траншеи,

$b_k$ ,  $B_k$  – ширина траншеи в конечном сечении по дну и по поверхности воды соответственно,

$b_0$  – ширина траншеи по дну в начальном сечении,

$z = tg\varphi \cdot L$  – разность отметок дна в начальном и конечном сечениях,

$L$  – длина траншеи,

$\varphi$  – угол наклона дна траншеи к горизонту.

Руднев получил зависимости в виде графиков, представленных на рисунке 2, для случаев  $r = 0$  и  $r = 1$ , где  $K_0 = f(u, p)$ . Зная значения  $h_{кр}$ ,  $\varphi$  и габаритные размеры траншеи можно определить заглубление в начале и в конце.

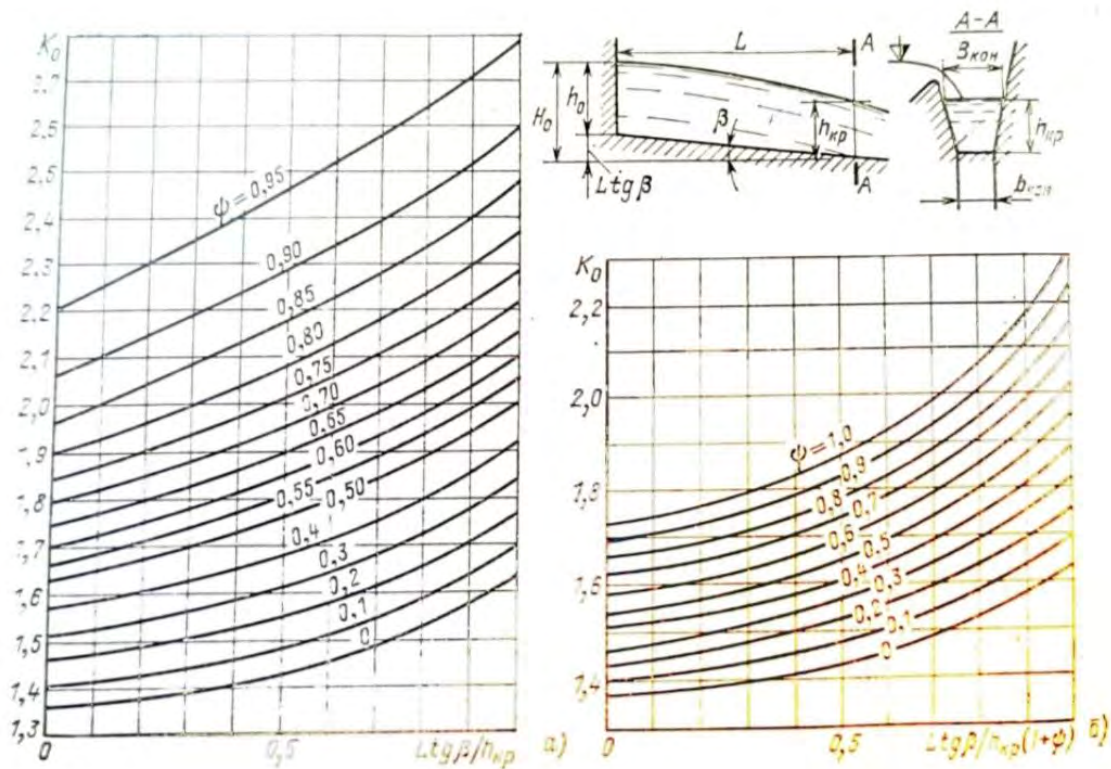


Рисунок 2.

Современные методы расчета с применением графиков по методу Руднева позволяют получить оптимальные габариты траншеи, с необходимой точностью. Избегая длинных и сложных процессов множества итераций, путем использования современной техники возможен расчет всех необходимых параметров траншеи в достаточно короткие сроки.

Сравнивая изложенные выше методы можно сделать некоторые выводы. Х. Хиндс дает достаточно простое аналитическое решение расчета траншейного водосброса, однако требует заложения дополнительного строительного запаса, который будет учитывать завышение отметок дна и позволит избежать подтопления гребня водослива. Метод Х.А. Навояна также прост в применении, но построение водосброса по его расчету требует дополнительных затрат на этапе строительства, так как дно траншеи имеет сложную криволинейную форму. С.С. Руднев получил наиболее удачные графические зависимости, которые до сих пор применяются современными инженерами в процессе расчета траншейного водосброса.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. П.Г. Кисилев Справочник по гидравлическим расчетам. М.: Энергия 1972. 312 с.
2. С.С. Руднев Боковые водосбросы. М.: ГОСЭНЕРГОИЗДАТ 1941. 119 с.
3. С.М. Слиский Гидравлические расчеты высоконапорных гидротехнических сооружений. М.: Энергоатомиздат 1986. 303 с.
4. Л.Н. Рассказов, В.Г. Орехов, Н.А. Анискин, В.В. Малаханов, А.С. Бестужева, М.П. Саинов, П.В. Солдатов, В.В. Толстикова Гидротехнические сооружения часть 1. М.: Издательство АСВ 2008. 576 с.

**ГИДРОУЗЕЛ «ТРИ УЩЕЛЬЯ» НА РЕКЕ ЯНЦЗЫ (КИТАЙСКАЯ НАРОДНАЯ  
РЕСПУБЛИКА)**

**Ши Вэньли, Ли Тянь, Чжан Цзюньхао, Чжан Хэчэнь, Бай Цзин, Ян Сяоя**

Студенты 3 курса 8 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научные консультанты: Глазов А.И.<sup>1</sup>, Маркова И.М.<sup>1</sup>, Буренков П.М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>к.т.н., доцент кафедры ГиГС НИУ МГСУ

<sup>2</sup>ст. преподаватель кафедры ГиГС НИУ МГСУ

Гидроузел «Три ущелья» («Санься») - один из крупнейших в мире комплексов гидротехнических сооружений, расположенный в ущелье Силянся - одном из трех ущелий реки Янцзы, в провинции Хубэй. Река Янцзы - самая длинная река в Азии и третья по длине в мире (протяженность реки - 6 380 км) - берет свое начало на Тибетском нагорье и впадает в Восточно-Китайское море. Значительная часть русла реки проходит по горным районам, а учитывая тот факт, что исток реки находится в Тибете на высоте 5600 м, огромный гидроэнергетический потенциал реки очевиден. Одним из наиболее привлекательных для освоения участков реки является район «Трех ущелий», где река прорывается через горы Ушань и выходит на равнину.



Рис.1 Р. Янцзы, участок реки в районе Трех ущелий.

Изначально идея строительства плотины на реке Янцзы была предложена в 1919 году Сунь Ят-сеном - первым президентом Китайской Республики. В статье «План развития промышленности» говорилось о возможности строительства большой плотины в районе Трех ущелий, которое находится в центре Янцзы. Ущелье контролирует около одного миллиона квадратных километров площади водосбора и в среднем составляет 451 миллиард кубометров в

год. Несмотря на то, что равнины в среднем и нижнем течении бассейна Янцзы постоянно подвергаются угрозе наводнений, в этом регионе, где проживает почти треть населения страны с населением 1,4 миллиарда человек, процветает сельское хозяйство развита промышленность.

Необходимость строительства гидроузла комплексного назначения на реке Янцзы определена тремя основными социальными потребностями: борьба с наводнениями, производство электроэнергии и обеспечение навигации.

Сотни тысяч людей погибли в результате регулярного затопления территорий реки Янцзы. В течение прошлых столетий стихийные бедствия и трагедии заставляли людей мечтать о том, чтобы "запереть реку". Таким образом, основной целью строительства плотины на реке Янцзы районе Трех ущелий была борьба с наводнениями.

Другой причиной строительства плотины Трех ущелий явилась возрастающая потребность в производстве электроэнергии. Рыночные экономические реформы в Китае в 80-х годах прошлого века и быстрый рост промышленности привели к резкому увеличению потребления электроэнергии. Изначально, в качестве основного решения для обеспечения энергией в краткосрочной перспективе было предложено строительство тепловых электростанций. Однако сравнительный анализ различных источников энергии по различным параметрам (экология, логистика и др.) позволил установить, что гидроэлектростанция в Трех ущельях является гораздо более чистым источником энергии и стала рассматриваться как среднесрочное и долгосрочное решение проблемы хронического дефицита электроэнергии в стране.

Навигация стала третьим потенциальным преимуществом гидроузла Три ущелья. Река Янцзы - главная восточно-западная артерия транспортной системы Китая. Участок протяженностью 660 километров от Чунцина до Ичана, где расположен регион Трех ущелий, имеет довольно плохие условия навигации из-за резких изгибов, узких каналов, отмелей и порогов. Создание системы подъема грузовых и пассажирских судов обеспечивает судоходство из Шанхая до Чунцина вверх по течению реки.



Рис.2 Гидроузел «Три ущелья»



Строительство гидроузла «Три ущелья» заняло 17 лет. общая мощность станции -22,5 ГВт, а среднегодовая выработка — около 100 млрд. кВт.ч. В составе гидроэлектростанция входят:

Типичная гравитационная бетонная плотина с поверхностным водосбросом. Длина плотины составляет 2,3 км, а высота - 185 м. Водосброс расположен по центру сооружения и рассчитан на пропуск 116 000 кубометров воды в секунду.



Рис. 3 Водосбросная плотина

- водохранилище общей емкостью 39 км<sup>3</sup>, из которых полезная емкость составляет 22 км<sup>3</sup>.
- Три здания ГЭС – левобережное (14 гидроагрегатов), правобережное (12 гидроагрегатов) и подземное (6 гидроагрегатов). Итого, на станции 32 гидроагрегата мощностью по 700 МВт, не считая двух «небольших» (по 50 МВт) гидроагрегатов для обеспечения собственных нужд.
- Судоподъемник с одноступенчатой системой подъема в основном пассажирских судов построен на южном берегу. Грузовые суда пропускаются через уникальные двухниточные пятиступенчатые шлюзы, рассчитанные на суда водоизмещение до 10 000 т. Максимальная высота подъема составляет 113 м, а максимальный вес подъема - 11 800 тонн.



Рис.4 Шлюзы

Безусловно, реализация столь грандиозного гидротехнического проекта сопровождается рядом экологических проблем. Долгосрочные экологические последствия создания плотины Три ущелья были описаны как «возможно катастрофические». В их числе затопление плодородных земель в областях выше по течению, повышение риска оползней. Плотина нарушает насыщенные иловые потоки в реке и способствует быстрому накоплению ила в водохранилище, создавая дисбаланс вверх по течению и лишая сельскохозяйственных угодий и рыб - ниже по течению основных питательных веществ. Эти проблемы затрагивают интересы миллионов фермеров и рыбаков, также могут вызвать повреждения турбин гидроэлектростанций.



Рис. 5 Водохранилище

В целях снижения негативного воздействия на окружающую среду, в соответствии с Законом о воде Китайской Народной Республики, Законом о борьбе с наводнениями Китайской Народной Республики, разработан ряд мероприятий, направленных на обеспечение безопасности эксплуатации водохранилища Трех ущелий и управления водными ресурсами и реками в этом регионе. Все мероприятия сведены в нормативный документ, регламентирующий технические нормы и требования по эксплуатации водохранилища Трех ущелий; управлению водными ресурсами в водохранилище; управлению речной сетью в регионе.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Yang, Y., Zhang, M., Zhu, L. et al. Influence of Large Reservoir Operation on Water-Levels and Flows in Reaches below Dam: Case Study of the Three Gorges Reservoir. Sci Rep 7, 15640 (2017).
2. Son La Dam // <http://www.internationalrivers.org/campaigns/son-la-dam>



3. Main Rivers / Basic Facts of China // <http://www.china.org.cn/english/engshuzi2003/gq/dili5.htm>
4. Maps of rivers in China- Top 10 Rivers // <http://www.chinatouristmaps.com/top-10s/top-10s-rivers.html>
5. Ministry of Water Resources (MWR) History / China // <http://www.mwr.gov.cn/english/history.html>
6. MWR of the PRC - River Basin Commissions // <http://www.mwr.gov.cn/english/>
7. <http://www.mwr.gov.cn/english/Commissions.html>

**ПРОЕКТ ПЕРЕБРОСКИ ВОД РЕКИ ЯНЦЗЫ В БАСЕЙНЫ РЕК ХУАНХЭ И ХАЙ  
(КИТАЙСКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА)**

**Ван Чжэньсюань, Сун Хуншу, Чжан Чжэнь, Чжан Синь**

Студенты 3 курса 8 группы ИГЭС НИУ МГСУ

**Научные консультанты: Козлов Д.В.<sup>1</sup>, Маркова И.М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>д.т.н., заведующий кафедры ГиГС НИУ МГСУ

<sup>2</sup>к.т.н., доцент кафедры ГиГС НИУ МГСУ

Проект переброски вод с юга на север в Китае является крупнейшим в истории. Проект предполагает забор воды из южных рек и подачу ее в засушливый северный регион.

Северный Китай является одним наиболее развитых регионов страны с высокими темпами роста отраслей экономики - промышленности и сельского хозяйства, а, соответственно, и увеличением населения, что приводит к увеличению водопотребления в этих районах страны

Исторически это приводило к чрезмерной эксплуатации подземных вод - часто обеспечивающих городское хозяйство и промышленное производство за счет сельского хозяйства - что приводило к серьезной нехватке воды в сельских районах. Кроме того, провалы на отдельных участках территорий и частые песчаные бури в регионе также связаны с чрезмерным использованием подземных вод.

Идею переброски рек приписывают Председателю Мао Цзэдун, который в 1952 году предложил амбициозную схему по обеспечению водой городов Пекин и Тяньцзинь, а в северных провинциях - Хэбэй, Хэнань и Шаньдун.

В 2002 году - 50 лет спустя - после многолетних исследований, планирования и обсуждения - Государственным Советом КНР был одобрен к реализации проект, в рамках которого предполагалось строительство следующих сооружений:

- Восточный канал с использованием инфраструктуры Великого канала Китая;
- Центральный канал от верховий реки Ханьшуй (приток Янцзы) до Пекина и Тяньцзиня.
- Западный канал, расположенный в верхнем течении Янцзы, где расстояние между ней и

Хуанхэ минимально



Рис.1 Схема переброски рек

Управление проектом осуществляется Государственной комиссией по развитию и планированию, Министерством водных ресурсов, Министерством строительства, Государственной администрацией по охране окружающей среды и Китайской международной корпорацией инженерных консультантов. GCW Consulting предоставляет планы развития инфраструктуры. Комиссия по водным ресурсам Хайхэ и Тяньцзиньский институт гидроэнергетических исследований и проектирования отвечают за проектирование и планирование Восточного канала; Чанцзянская комиссия по водным ресурсам для Центрального маршрута и комиссия по сохранению Хуанхэ - для Западного канала. Строительство на Восточном маршруте осуществляла компания Hanjiang Water Resources and Hydropower, а Danjiangkou Water Resources and Hydroelectronics выполняло работы по строительству Центрального канала.

Предполагается, что по окончании строительства всех сооружений в 2050 году в рамках Проекта «Вода с юга на север» будут перебрасываться 44,8 миллиарда кубометров воды ежегодно.

Восточный канал.

Строительство Восточного канала началось в 2003 году, а в 2013 году канал был сдан в эксплуатацию. Изначально предполагалось, что восточный канал будет обеспечивать провинцию Шаньдун и северную часть Цзянсу, соединяя Шаньдун с рекой Янцзы и доставляя воду на север к равнине Хуан-Хуай-Хай через Пекин-Ханчжоу-Гранд. Однако протяженность канала увеличили и вода, отведенная от главной артерии реки Янцзы, недалеко от города Янчжоу,

подается по существующим речным каналам в горы Вэйшань в Шаньдун, а затем пересекает Желтую реку через туннель и течет в Тяньцзинь. Длина Восточного канала более 1155 км. Эта часть проекта включает в себя около 9 км туннелей, от выхода из озера Дунпин до входа в канал Вейлин, включая участок сифона длиной 634 м, а также два горизонтальных туннеля диаметром 9,3 м на глубине 70 м под руслом реки Хуанхэ; при сооружении канала модернизированы 7 и построены 23 новые насосные станции.



Рис.2 Восточный канал

#### Центральный канал.

Строительство Центрального канала началось в декабре 2003 года. Его планировалось завершить до начала Олимпийских игр в Пекине в августе 2008 года, чтобы обеспечить Пекин питьевой водой. Однако к сентябрю 2008 года было пройдено только 307 км. Центральный канал отводит воду из водохранилища Даньцзянкоу на реке Хан через новые каналы у западного края равнины Хуанхуэйхай и далее, через провинцию Хэнань и Хэбэй, в Пекин - общая протяженность канала около 1267 км. Соседний город Тяньцзинь также забирает воду из водной магистрали возле Сюшуй в провинции Хэбэй. Реализация проекта включила строительство двух тоннелей с внутренним диаметром 8,5 м, длиной около 7 км, с расчетной скоростью потока 500 м<sup>3</sup>/с. Сокращение объема воды в водохранилище Даньцзянкоу привело к решению забирать воду из водохранилища Трех ущелий для обеспечения реализации проекта в этом регионе. Изначально, по Центральному каналу планировалось, подавать 9,5 миллиардов кубометров воды, однако к 2030 году планируется перебрасывать 13–14 миллиардов кубометров воды. Канал был закончен с задержкой, из-за расширения водохранилища Даньцзянкоу на маршруте и реализации



дополнительных мер по защите окружающей среды. Открытие центрального канала состоялось 12 декабря 2014 года.



Рис.3 Центральный канал

Западный канал.

Самым амбициозным элементом всего проекта переброски воды с юга Китая на север станет Западный канал. Главной целью работ на западе станет соединение верховьев реки Янцзы с Хуанхэ. Такое перераспределение воды позволит вновь сделать Желтую реку полноводной и восстановить нормальное водоснабжение промышленности и сельского хозяйства густонаселенных провинций вдоль ее берегов. На предварительном этапе проектом предусмотрено строительство канала Западного маршрута на плато Цинхай-Тибет (3000-5000 метров над уровнем моря), что предполагает решение комплекса основных инженерных и экологических задач. Планируется переброска 4 миллиарда кубометров воды из трех притоков рек Янцзы - Тонгтиан, Ялонг и Даду - почти на 5000 км через горы Баянкала, а затем в северо-западный Китай. Изначально строительство Западного канала планировалось начать в 2010 году. Но лишь в апреле 2020 года стартовала экспедиция, призванная определить окончательные характеристики западного маршрута переброски вод, который свяжет верховья реки Янцзы в провинции Сычуань на юго-западе с притоками Хуанхэ в засушливой провинции Ганьсу на северо-западе КНР. Инженерам-гидротехникам предстоит преодолеть путь в 5 тыс. километров и составить точную карту-схему западного маршрута. Соответствующий доклад будет подготовлен до конца года и отправлен на рассмотрение Госсовета КНР. После его одобрения можно будет начинать работы по прокладке грандиозного канала. Завершение строительства Западного канала планируется в 2050 году.



Рис.4 Западный канал (проект)

Стоимость строительства восточных и центральных каналов оценивается в 254,6 млрд юаней (37,44 млрд долларов). Китай зарезервировал 53,87 млрд юаней (7,9 млрд долл. США) для проекта переброски вод с юга на север. Затраты на реализацию проекта значительно возросли из-за повышения цен на сырье, изменений в национальной политике и инвестиционных структурах проекта. Около 30,48 млрд юаней из этой целевой суммы было потрачено на строительство сооружений восточного (5,66 млрд юаней) и центрального канала (24,82 млрд юаней).



Рис.5 Поворот китайских рек: тысячекилометровые каналы

Как и другой мегапроект Китая - Гидроузел Трех ущелий - проект переброски рек спровоцировал множество экологических проблем, в том числе утрату исторических ценностей,

уничтожение пастбищных земель, переселение людей и др. Кроме того, планы дальнейшей индустриализации территорий по маршруту каналов представляют серьезный риск загрязнения сбрасываемыми сточными воды. Для решения этой проблемы китайское правительство выделило чуть более 80 млн долларов на строительство очистных сооружений в Цзянду, Хуайане, Суцзяне и Сюйчжоу на востоке провинции Цзянсу. По оценкам экспертов, фактическая стоимость очистных сооружений более, чем вдвое превышает эту цифру. В целом, была инициирована реализация около 260 проектов для снижения загрязнения сбрасываемых сточных вод.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <http://www.china.org.cn/waterdiversion/>
2. <https://www.water-technology.net>
3. <http://ekd.me/2020/04/novosti-kitaya-vecher-perebroska-rek-zasuxa-i-borba-s-opg/>
4. Main Rivers / Basic Facts of China // <http://www.china.org.cn/english/engshuzi2003/gq/dili5.htm>
5. Maps of rivers in China- Top 10 Rivers // <http://www.chinatouristmaps.com/top-10s/top-10s-rivers.html>
6. Ministry of Water Resources (MWR) History / China // <http://www.mwr.gov.cn/english/history.html>
7. MWR of the PRC - River Basin Commissions // <http://www.mwr.gov.cn/english/>
8. <http://www.mwr.gov.cn/english/Commissions.html>