



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

(г. Москва, 4–7 марта 2019 г.)

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2019

ISBN 978-5-7264-1975-6

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2019

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 (г. Москва, 4–7 марта 2019 г.) / М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. – Электрон. дан. и прогр. (10 Мб). – Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2019. – Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> – Загл. с титул. экрана.
ISBN 978-5-7264-1975-6

В сборнике содержатся доклады участников научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института гидротехнического и энергетического строительства МГСУ за 2018-2019 учебный год, которая проходила с 4 по 7 марта 2019 г.

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, 2019

Ответственные за выпуск: *С.А. Сергеев, В.В. Сидоров*

Институт гидротехнического и энергетического строительства

(ИГЭС НИУ МГСУ)

Тел. +7 (499) 183 43 83

E-mail: iges@mgsu.ru

Сайт: www.mgsu.ru

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

Макет подготовлен оргкомитетом конференции

Для создания электронного издания использовано:

Microsoft Word 2013, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 28.05.2019. Объем данных 10 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, rio@mgsu.ru

СЕКЦИЯ ГИДРАВЛИКИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Студент 6 курса 11 группы ИГЭС *Т.В. Долгушев*

Студентка 6 курса 2 группы ИСА *В.В. Долгушева*

Научный руководитель - канд. техн. наук., доц. *В.В. Толстиков*

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЁТОВ И ОПТИМИЗАЦИИ БЕТОННЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПЛОТИН НА СКАЛЬНЫХ ОСНОВАНИЯХ

Расчёт напряжённого состояния бетонных плотин и оценка их общей устойчивости производится "элементарным" методом и в программных комплексах, основанных на методе конечных элементов. Оптимизировать конструкцию возможно различными способами в зависимости от того, какое количество факторов оказывает значимое влияние на основные характеристики сооружения.

Выполнение данных расчётов является трудоёмким и однообразным процессом и предполагает осуществление большого количества вычислений. Возникает потребность в их автоматизации с помощью программного комплекса, который позволит выполнить расчёты конструкции и значительно сократить трудоёмкость производимых операций, что существенно снижает общую продолжительность расчётов.

Для создания программного комплекса использовался язык программирования *Delphi*, который применяется в среде разработки *Embarcadero Delphi*. С его помощью была создана система взаимосвязанных программных блоков, обеспечивающих выполнение поставленных задач.

Начальным этапом произведения расчётов в программном комплексе *Stability Dam* является введение пользователем исходных данных. Для улучшения эффективности работы программы на вводимые данные были наложены жёсткие условия, которые опираются на действующую нормативную документацию [3-8] и имеющийся опыт в данной области. В случае невыполнения требований нормативной документации в программе предусмотрен вывод диалогового окна, описывающего суть допущенной ошибки и предлагающего пути для её устранения и получения положительного результата прохождения проверки.

После ввода исходных данных пользователь может преступить к решению различных задач, таких как:

- Расчёт профиля, заданного с помощью исходных данных. На экран возможно вывести не только итоговые результаты, но и все промежуточные вычисления.

- Подбор оптимального профиля, каждый из которых оптимизируется относительно объёма бетона одного погонного метра секции плотины.

- Для лучшего восприятия результатов в *Stability Dam* имеется функция графического изображения полученных профилей.

- Для проведения расчётов в других ПК, применяется разбиение профиля плотины на ряд сечений, для автоматизации данных расчётов создан специальный блок.

Оценки результатов, полученных с помощью ПК *Stability Dam*, основанном на "элементарном" методе, производились путём сравнения результатов расчёта такой же конструкции в идентичных условиях в ПК *Crack*, основанном на МКЭ. При расчёте в ПК *Stability Dam* и ПК *Crack* по-разному учитывается влияние скального массива основания на конструкцию. В ПК *Stability Dam* рассматривается только контакт сооружение-основание, в то время как в ПК *Crack*, производится учёт всего массива основания. Разница учёта влияния основания ведет к несовпадению величин полученных напряжений, однако этот негативный эффект был предсказуем и вызван недостатками "элементарной" методики расчёта. Его учёт можно произвести, опираясь на то, что без учёта массива основания идёт занижение напряжений примерно на 1 МПа. Коэффициент устойчивости на плоский сдвиг как в нормальных условиях, так и при семи бальном землетрясении отличается не более, чем на 2.5%. Таким образом, сравнение результатов, полученных в данных ПК, позволяет сделать вывод о их достоверности и наличии следующих трендов:

- Скальный массив основания в расчётной схеме не учитывается, это приводит к занижению значений напряжений.

- Вычисление коэффициента устойчивости при отсутствии сеймики ведет к его незначительному завышению.

- Вычисление коэффициента устойчивости при наличии сеймики ведет к его незначительному занижению.

Для выполнения задач оптимизации в разнообразных ПК предусмотрены общие по назначению, но отличные по механике функции. Проверку полученных значений было решено произвести, сравнив результаты, полученные с помощью ПК *MathCad*, ПК *Microsoft Excel* и ПК *Stability Dam*.

Значения, полученные с помощью ПК *MathCad* и ПК *Microsoft Excel* являются более точными с точки зрения математики, однако

производство работ в реальных условиях накладывает ограничения на точность полученных результатов. Расчёт с точностью до десятитысячных или миллиардных долей несомненно точен, однако не осуществим с помощью имеющихся на сегодняшний день технологий строительства гидротехнических сооружений. Этот факт послужил основанием для создания в ПК *Stability Dam* алгоритма, позволяющего осуществить оптимизацию конструкции, а точнее заложения откосов и высот перегибов граней до сотых и десятых долей метра соответственно. Благодаря этому, значения в ПК *Stability Dam* являются более точными в инженерном отношении и позволяют осуществить экономию бетона в принятой конструкции до 1%.

Таким образом, разработанный ПК *Stability Dam* позволяет оптимизировать расчёты бетонных гравитационных плотин на скальных основаниях, значительно сократив трудоёмкость процесса и время на его выполнение. Анализ сравнения результатов, полученных в ПК *Stability Dam* и в существующих ПК, позволил сделать вывод о их точности и применимости разработанного комплекса для решения поставленных перед ним задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Рассказов Л.Н., Орехов В.Г., Анискин Н.А., Малаханов В.В., Бестужева А.С., Саинов М.П., Солдатов П.В., Толстиков В.В.* Гидротехнические сооружения Часть 1. М.:Ассоциация строительных вузов, 2011. с.153-164.
2. *Рассказов Л.Н., Орехов В.Г., Анискин Н.А., Малаханов В.В., Бестужева А.С., Саинов М.П., Солдатов П.В., Толстиков В.В.* Гидротехнические сооружения Часть 2. М.:Ассоциация строительных вузов, 2011. с.113-144.
3. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах.
4. Постановление Правительства РФ от 2 ноября 2013 г. № 986 "О классификации гидротехнических сооружений".
5. СП 40.13330.2012. Плотины бетонные и железобетонные.
6. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения.
7. ВСН 045-72. Указания по проектированию дренажа подземных гидротехнических сооружений, актуализированная редакция от 01.01.2019.
8. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги.

Студентка магистратуры 2 курса 16 группы ИГЭС Я.В. Юссеф
Студентка магистратуры 2 курса 2 группы ИГЭС А.А.Романова
Научный руководитель - канд. техн. наук., доц., Волгина Л.В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КРУПНОСТИ ЧАСТИЦ НЕОБЫЧНОЙ ФОРМЫ

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования: представлены исследования гидравлической крупности частиц различной формы при движении в неподвижной жидкости. Поиск, изучение и анализ теоретических зависимостей гидравлической крупности от формы частицы и ее материала.

Цели: поиск и определение теоретической зависимости гидравлической крупности для твердых частиц наиболее совпадающей с экспериментальными исследованиями.

Материалы и методы: При проведении экспериментов были использованы три группы частиц. Первая группа – это камни естественного происхождения с не окатанными гранями. Вторая – пластиковые, стеклянные и резиновые шарики с различным диаметром. Третья – различные монеты. Было измерено время падения частицы и определен ее вес, далее рассчитана гидравлическая крупность и другие характеристики.

Результаты: в качестве результатов представлены графики гидравлической крупности, определённой по экспериментальным данным и путем расчета по различным теоретическим формулам.

Выводы: анализ результатов показывает, что не все авторы в своих формулах учитывают форму частицы и расчеты по различным формулам дают различное отклонение. Для каждого типа частиц определенная формула дает наибольшую сходимость.

ВВЕДЕНИЕ

Представленная работа посвящена анализу различных подходов к определению гидравлической крупности твердых частиц. Гидравлическая крупность входит в основные расчетные формулы по определению допускаемых (критических, незаилающих) скоростей и распределения твердых частиц по глубине потока.

Гидравлическая крупность, согласно определению, представляет собой скорость равномерного осаждения твердых частиц в неподвижной жидкости $[\omega]=\text{м/сек}$. Теоретически задача осаждения зёрен шарообразной формы была решена еще английским ученым Дж. Г. Стоксом. Однако в связи с большим разбросом характеристик твердых

частиц (размер, форма, плотность, гидрофобность или гидрофильность), экспериментальные исследования величины гидравлической крупности до сих пор актуальны.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В настоящее время важной задачей [1, 2, 3] является вопрос выбора формулы для расчета гидравлической крупности или методики являющейся совокупностью эмпирических и теоретических оценок. Как отмечается в современной литературе, в большинстве случаев проблема выбора возникает при достаточно широком спектре диаметров частиц и различных типах гранулометрического состава.

Размер гидравлических частиц является одним из основных параметров полуэмпирических уравнений турбулентной диффузии, является входным параметром для моделирования динамики взвешенных частиц в любом потоке [4]. Эксперименты и расчеты показывают, что для частиц отличных от шаров метод расчета диаметра дает большой разброс [5].

Вопрос определения гидравлической крупности путем расчета по тем или иным входным параметрам был задачей многих исследований. Были предложены разнообразные методы и формулы расчета гидравлической крупности твердых частиц. Обзор эмпирических зависимостей для расчета величины гидравлической крупности, предложенных различными авторами, представлен в табл. 1 [6].

Табл. 1. Формулы определения гидравлической крупности

№	Формула	Автор	Характеристики частиц, форма
1	$\omega = \frac{2gr^2(\rho_T - \rho)}{9\mu}$	Стокс Теоретическая формула	Ламинарное течение при $Re \leq 1$. Для мелких частиц, например частиц ила.
2	$\omega = \frac{25,8d^3\sqrt{(\delta - 1)^2}}{\sqrt[3]{\mu}}$	Аллен	Турбулентное течение. Крупные частицы.
3	$\omega = k_\rho \sqrt{d(\delta - 1)}$	Реттингер	Переходная область сопротивления. Частицы среднего размера.
4	$\omega = F \sqrt{dg \frac{(\rho_T - \rho)}{\rho}}$	Руби	Универсальный метод. Если режим обтекания частицы неизвестен, то применима формула Руби,

			пригодная для любых чисел Рейнольдса.
5	$\omega = \sqrt{\frac{2g(\gamma_T - \gamma)d}{1.75\gamma}}$	-	При числе $Re \geq 240$ и $d > 1.5$ мм.
6	$\omega = \sqrt{gd \frac{4}{3C_D} \frac{\rho_T - \rho}{\rho}}$	-	-
7	$\omega = \frac{\gamma_T - \gamma}{24\mu} * d^2$	Стокс	Для ламинарного обтекания частиц используется теоретическая формула Стокса. Эта формула справедлива для $Re \leq 1$ и $d \leq 0.15$ мм.

Где r [м] - радиус частицы; d [м] – диаметр частиц; ρ_T, ρ [кг/м³]- плотность твердых частиц, воды; μ - динамический коэффициент вязкости воды, $\mu = 1.006 * 10^{-6}$ м²/сек при атмосферном давлении и при температуре 20⁰ С; δ - относительная плотность $\delta = \rho_T / \rho$; k_p - безразмерный коэффициент формы экспериментально определенный для частиц в воде: шарообразных -2,73, продолговатых – 2,97, плоских – 1,97; F – поправочный коэффициент, учитывающий форму частиц и определяется по формуле:

$$F = \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36\mu^2}{gd\rho(\rho_T - \rho)}}$$

Где g [м/с²]- ускорение свободного падения; γ_T, γ [кг/м³] – удельный вес твердых частиц, воды соответственно; в системе GGS при $d < 0.1$ см : $F = 0.816$.

C_D – коэффициент обтекания: конус 2:1-0.47, куб-0.5, цилиндр-0.82, вытянутое каплевидное тело-0.4.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В лаборатории кафедры Гидравлики НИУ МГСУ (июль 2018 года), авторами были проведены эксперименты по определению гидравлической крупности, в ходе которых отобранные частицы различной формы опускались в колбу длиной 1м (Рис. 1), наполненную водопроводной водой и измерялось время падения частицы между створами в стоячей воде. При свободном падении одной частицы начало измерительного участка было выбрано на некотором расстоянии от свободной поверхности (участок стабилизации), т.к. на этом участке скорость падения неравномерна. Время прохождения участка фиксировалось секундомером.

При проведении экспериментов были использованы три группы частиц. Первая группа – это камни естественного происхождения с не окатанными гранями (Рис. 2). Вторая – различные монеты. Третья – пластиковые шарики с различным диаметром (Рис. 3).



Рис. 1.

Экспериментальная колба длиной 1м



Рис. 2. Экспериментальные частицы - камни

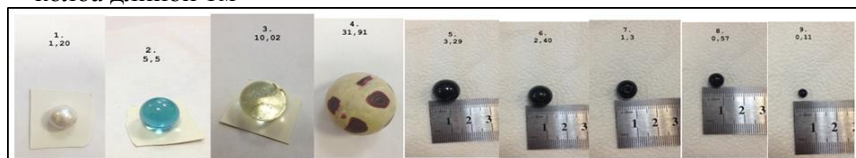


Рис. 3. Экспериментальные частицы – шарики

При проведении эксперимента получены данные о времени движения частицы (t), ее объеме и весе.

Далее, для каждой частицы, произведены расчеты плотности, диаметра и гидравлической крупности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты расчетов экспериментальных данных приведены в таблицах 2, 3 и 4.

Табл. 2. Опытные данные шариков

Шарик и №	d (m)	Вес, kg	Объём, м3	Плотность ρ_T kg/m3	w=1/t, м/с
1	0.0124	0.0012	0.000001	1200	0.3637
2	0.0188	0.0055	0.0000035	1571.428571	0.7505
3	0.0188	0.01002	0.0000035	2862.857143	0.8

4	0.0377	0.03191	0.000028	1139.642857	0.3165
5	0.0139	0.00329	0.0000014	2350	0.6820
6	0.0124	0.0024	0.000001007	2383.316783	0.6144
7	0.01023	0.0013	0.00000056	2321.428571	0.5601
8	0.0078	0.00057	0.000000248	2298.387097	0.4511
9	0.00438	0.00011	0.000000059	1864.40678	0.3529

Табл. 3. Опытные данные камней

Камн и №	Вес, kg	Объём, м ³	d(m)	Плотность = вес/объём ρ_T , kg/m ³	t, сек	w(сред)=1/t(c p) м/с
1	0.05467	0.000021	0.0342	2603.333	1.215	0.8230
2	0.07999	0.00003	0.0386	2666.333	1.04	0.9615
3	0.0227	0.0000075	0.0243	3026.667	1.95	0.5128
4	0.02555	0.000009	0.0258	2838.889	1.645	0.6079
5	0.01102	0.0000045	0.0205	2448.889	2.145	0.4662
6	0.02717	0.000011	0.0276	2470.000	1.64	0.6098
7	0.01772	0.000007	0.0237	2531.429	2.275	0.4396
8	0.01174	0.000005	0.0212	2348.000	2.305	0.4338
9	0.04336	0.000016	0.0313	2710.000	1.16	0.8621
10	0.0194	0.000009	0.0258	2155.556	2.59	0.3861
11	0.0569	0.000019	0.0331	2994.737	1.395	0.7168
12	0.00643	0.000002	0.0156	3215.000	2.13	0.4695
13	0.01335	0.000005	0.0212	2670.000	1.96	0.5102
14	0.01284	0.000005	0.0212	2568.000	2.07	0.4831
15	0.01389	0.000005	0.0342	2778.000	1.675	0.5970

Табл. 4. Опытные данные монет

Монеты	d (м)	Вес, kg	Объём, м ³	плотность, ρ_T , kg/m ³	W=1/ t (м/с)
Тип №1, 10 рублей	0.021	0.00558	$7.15703 \cdot 10^{-7}$	7796.532101	0.4779
Тип №2, 5 рублей	0.025	0.0065	$9.32663 \cdot 10^{-7}$	6969.294895	0.4541
Тип №3, 2 рубль	0.023	0.00306	$4.95097 \cdot 10^{-7}$	6180.612962	0.4618

Тип №4, 1 рубля	0.0205	0.00515	$5.5665 \cdot 10^{-7}$	9251.774005	0.4153
--------------------	--------	---------	------------------------	-------------	--------

Для наглядного примера расхождения опытных данных и эмпирических зависимостей различных авторов были построены графики. Поскольку формулы №1,2,7 не подходят для наших частиц, расчет по этим формулам не проводился. Величины гидравлической крупности для каждой частицы по различным эмпирическим зависимостям показаны в Рис. 3 и 4.

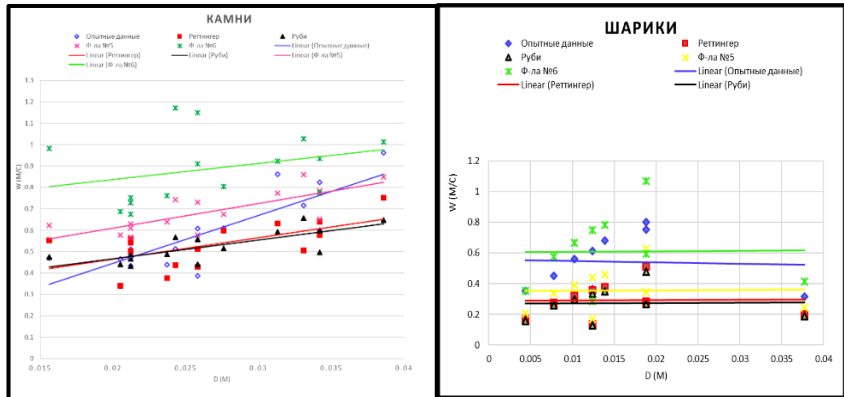


Рис. 3. Графическое представление расчетов гидравлической крупности камней и шариков

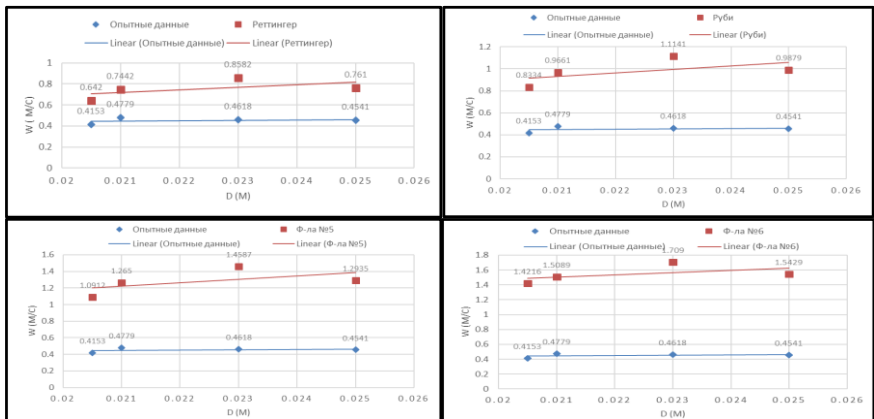


Рис. 4. Графическое представление результатов расчета гидравлической крупности монет по формулам Реттинга, Руби, №5 и №6

Анализ расчетов показал, что:

1. Для шариков наиболее близки к экспериментальным значениям результаты полученные по формуле №6.
2. Для монет и камней наиболее близки к экспериментальным значениям результаты полученные по формулам Руби и Реттингера.
3. В каждой формуле учитывается диаметр частицы и её удельный вес или плотность.
4. Только формулы 6, формула Реттингера и Руби учитывают форму частицы вводя какой-либо коэффициент.
5. Вязкость воды учитывается только в теоретической формуле Стокса, формуле Алена и Руби.

ВЫВОДЫ

По результатам проведенных экспериментов можно сделать выводы о:

- 1- При расчете гидравлической крупности необходимо учитывать форму частицы.
- 2- Все эмпирические зависимости дают отклонение от экспериментальных, т.е. фактических, данных.
- 3- Необходимы дополнительные исследования гидравлической крупности, поскольку данный параметр является одним из основополагающих при анализе движения жидкости в открытых потоках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Студёнов И. И., Шилова Н.А.* Расчёт Гидравлической крупности взвеси при моделировании динамики концентрации взвешенных веществ в приустьевых районах арктических морей на примере Белого моря // Арктика: экология и экономика. 2015. №3 С.40-47.
2. *Волгина Л.В., Сергеев С.А., Романова А.А.* О кинематических характеристиках селевых потоков// Гидротехническое строительство. 2018. № 10. С. 59-63.
3. *Волгина Л.В., Тарасов В.К. Зоммер Т.В.* Транспортировка твердых частиц различной формы в потоках со свободной поверхностью воды// Вестник МГСУ .2012. №9 С.83-88.
4. *BREUGEM W. A.* Transport of suspended particles in turbulent open channel flow, Printed by Gildeprint drukkerijen, the Netherlands .2012.
5. *Volgina L.V., Romanova A.A.* Resistance coefficient of nonspherical solid particles in turbulent flow // Интеграция, партнерство

и инновации в строительной науке и образовании (IPICSE). 2018. Сборник материалов VI Международной научной конференции. С.178-183.

6. Зуйков А.Л, Волгина Л.В. Гидравлика: учебник: в 2 томах. Т. 2 Министерство образования и науки Рос. Федерации, Московский государственный строительный университет. Москва: МГСУ, 2014.

ОЦЕНКА ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК НА ЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ОКОЛО ПАТЭС, ГОРОД ПЕВЕК

АННОТАЦИЯ

Объектом исследования являются оградительные сооружения порта, испытывающие нагрузки от морского ледяного покрова в районе г. Певек.

Целью работ является определение характеристик ледовых условий в прибрежной части Восточно - Сибирского моря, необходимых для выполнения оценки возможности размещения ПАТЭС и предотвращения угрозы для эксплуатации плавучей АЭС. Определены возможные ледовые нагрузки на защитное сооружение. Показано, что ожидаемая максимальная нагрузка на наклонный откос защитной дамбы может составить 24МН. В случае воздействия льда на вертикальную стенку максимальная нагрузка достигнет 220 МН. При отрыве припая и воздействии его непосредственно на ПЭБ ледовая нагрузка незначительна. Проведено математическое моделирование и расчет динамики ледовых полей в акватории при штормовых условиях, для районов потенциального размещения ГС станции.

ВВЕДЕНИЕ

Физико-механические свойства морского льда, геометрические размеры ледяных полей, и их морфология являются одними из главных параметров, определяющих величину расчетных значений ледового воздействия на проектируемые сооружения. Основная трудность подхода к проектированию ледостойких сооружений состоит в обоснованном определении ледовых нагрузок. В зависимости от сценария воздействия и взаимодействия принимаются различные значения расчетных характеристик прочности льда.

Целью данной научно-исследовательской работы является: определение характеристик ледовых условий и нагрузок на площадке строительства в прибрежной части Восточно - Сибирского моря в районе г. Певек, необходимых для оценки возможности размещения ПАТЭС и предотвращения угрозы для эксплуатации плавучей АЭС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ:

1. Для оценки сил, действующих на плавучую АТЭС в Певеке (ПАТЭС) необходим расчет динамики ледового покрова в окрестности станции. С этой целью были проведены расчеты полей течений,

температуры, солёности и уровня воды, и гидродинамики-термодинамики льда в Чаунской губе в 2011 г. (расчетный год) с помощью моделирующей системы ТРИТОКС.

Моделирующая система включает в себя гидродинамическую модель и модель гидродинамики-термодинамики ледового покрова. Схематически модель представлена на рис. 1.

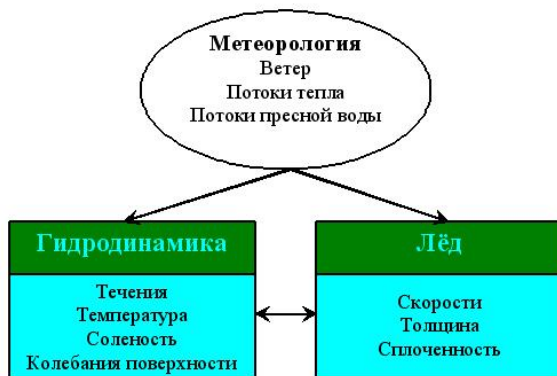


Рис. 1. Схема модели THREEEТОХ

Моделирующая система будет применяться к области, приведенной на рис. 2. Область расчетов будет покрыта расчетной сеткой (рис. 3) переменного шага, с минимальным шагом около 250 м в районе проектируемого объекта и максимальным шагом в Чаунской Губе, около 1500 м. Расчеты проводятся с использованием метеорологической информации (скорость и направление ветра, температура воздуха, влажность, облачность, давление воздуха) и граничных условий на внешней морской границе (распределение температуры, солёности, уровня, течений с учетом приливной составляющей) для периода наличия в расчетной области дрейфующего льда.

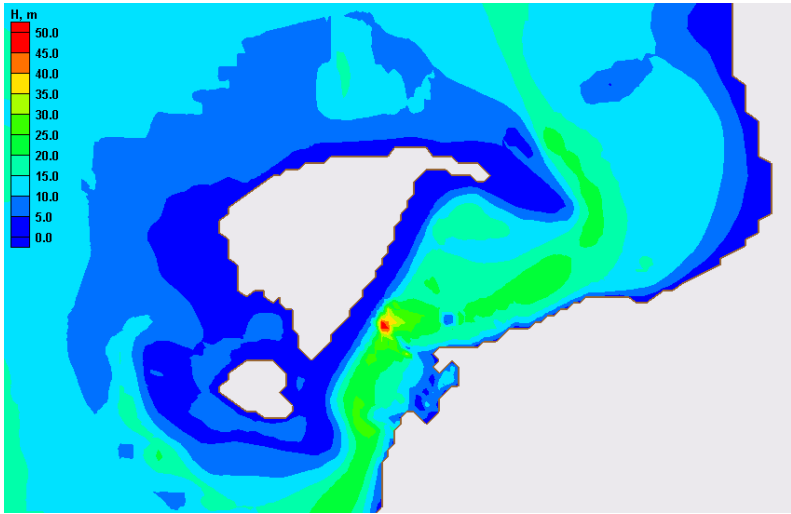


Рис. 2. Распределение глубин в области вокруг проектируемых сооружений

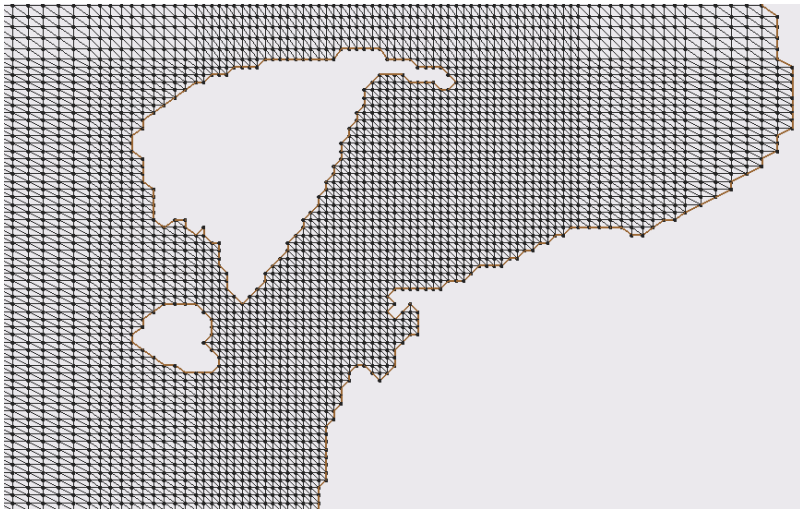


Рис. 3. Расчетная сетка в области проектируемых сооружений

2. Для расчета ледовых нагрузок на защитное сооружение используется нормативный документ СНИП 2.06.04-82. Обозначения терминов ледовых параметров в отчете не приводятся (см. СНИП 2.06.04-82*.); данные, необходимые для расчетов, берутся из источника [1].

Ледовая нагрузка от дрейфующего ровного льда на наклонную стенку защитной дамбы рассчитывается по формулам (125) и (126) СНиП 2.06.04-82*:

- горизонтальная составляющая силы $F_h = 0,1R_f b h_d \tan \beta$,

- вертикальная составляющая силы $F_v = F_h \cot \beta$.

Ледовая нагрузка при отрыве припая и воздействии его непосредственно на ПЭБ под действием ветра определялась по формуле (130):

$$F_S = (P_\mu + P_v + P_i + P_{\mu\alpha})A.$$

Ледовая нагрузка от дрейфующего ровного льда на внешнюю вертикальную стенку защитной дамбы определялась по формулам:

$$F_{c,w} = 0,07 v h_d \sqrt{A k_v R_c} \quad (119), \quad F_{b,w} = k k_v R_c b h_d \quad (122)$$

Вертикальная сила от примерзшего к сооружению ледяного покрова при изменении уровня воды определялась по формуле (141):

$$F_{d,p} = \psi_d p, \quad \psi_d = 0,2 h_0^4 \sqrt{h_{max}^3}$$

Сила от воздействия сплошного ледяного покрова при его температурном расширении определялась по формуле (136):

$$F_t = k_1 q b$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Результаты расчетов, полученных с помощью моделирующей системы ТРИТОКС, показали, что максимальные толщины ледяного покрова в районе ПАТЭС достигаются в апреле-мае и могут достигать 1.95 м. Сформированный припай в этот период устойчив с суточными перемещениями порядка 10 см.

В период летнего таяния в июне-августе толщина льда быстро уменьшается при переходе среднесуточной температуры через нуль. В июле толщина льда уменьшается до 40 сантиметров и сплоченность до 40%. Скорости дрейфа льда в районе ПАТЭС достигают 10-12 см/с, а преобладающее направление дрейфа льда – запад-юго-запад. В первой половине августа толщина и сплоченность льда уменьшаются, а скорости дрейфа растут, достигая в районе ПАТЭС значений 20-25 см/с. К середине августа губа практически очищается ото льда. В октябре начинается ледостав в южной части губы. В октябре толщина льда достигала в среднем 20 см, а лед занимал около 20% акватории. Скорости дрейфа в районе ПАТЭС достигают значений 20-25 см/с. В последующие месяцы (ноябрь и декабрь) толщина льда увеличивалась до 1 м, ледовый покров занимает 80% акватории. Доминирующие направления дрейфа

льда в районе ПАТЭС - юго-юго-запад и юго-запад, тогда как преобладающие модули скорости дрейфа уменьшаются от 10 см/с до 0-5 см/с.

Результаты расчетов ледовых полей удовлетворительно согласуются с данными полевых наблюдений в 2011 г и данными наблюдений на гидрометеорологических станциях.

2. Результаты расчета ледовых нагрузок на защитное сооружение

Таблица 1. Оценки ледовых нагрузок на наклонный откос защитного сооружения и на вертикальную стенку сооружения

Обозначение силы воздействия льда	Сила на внешнюю сторону откоса, МН		Воздействие на стенки внутри дамбы, МН	
	На секцию АВ	На секцию ВС	Секция АВ	Секция ВС
На вертикальную стенку дамбы $F_{c,w}$	159,3	164,5		
На вертикальную стенку $F_{b,w}$	133,2	223,5		
На наклонную стенку F_h	15	23,6		
На наклонную стенку F_v	15	23,6		
Навал припая на ПЭБ F_S			0,9	0,9
Навал припая на стенку сооружения F_S	25,9	25,9	0,9	0,9
Примерзание $F_{d,p}$	136,8	215,2		
Нагрузка при термическом расширении ледяного покрова F_t				129,8

ВЫВОДЫ

- Представлены результаты расчета ледовых нагрузок на защитные сооружения ПАТЭС. По расчетным значениям толщин и прочности льда определены возможные ледовые нагрузки на сооружение. Показано, что ожидаемая максимальная нагрузка на наклонный откос защитной дамбы может составить 24МН. В случае воздействия льда на вертикальную стенку максимальная нагрузка достигнет 220 МН.

- При отрыве припая и воздействии его непосредственно на ПЭБ ледовая нагрузка незначительна.

- Представлены результаты расчетов полей течений, температуры, солености и уровня воды, и динамики-термодинамики льда в Чаунской губе в 2011 г. с помощью моделирующей системы ТРИТОКС.

- Результаты расчетов ледовых полей удовлетворительно согласуются с данными полевых наблюдений в 2011 г и данными наблюдений на гидрометеорологических станциях.

- Результаты расчетов будут использованы при разработке проектной документации порта ПАТЭС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Научно-технический отчет «Ледовые условия и оценки возможных ледовых нагрузок на защитные сооружения около АЭС на побережье Восточно - Сибирского моря», ГУ «АНИИ», Санкт-Петербург, 2010 г.

2. Отчет о НИР «Научно-техническое сопровождение проектирования гидротехнических сооружений плавучей атомной теплоэлектростанции на базе плавучего энергоблока в г. Певек Чукотского АО», НИУ МГСУ, Москва, 2013 г.

ВЛИЯНИЕ ПОРТА Г. СОЧИ В УСТЬЕ РЕКИ МЗЫМТЫ НА РЕЖИМ ОТЛОЖЕНИЯ НАНОСОВ

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования. Предметом исследования является порт города Сочи в устье реки Мзымты в Имеретинской бухте.

Цели. Изучение морфодинамических процессов в береговой зоне Имеретинской бухты и влияние возведенного порта на режим перемещения и отложения наносов.

Материалы и методы. В изучении динамики побережья можно выделить три основных направления: натурные исследования, эмпирико-теоретические расчеты, а также физическое и гидравлическое моделирование сооружений. В статье выполнен анализ исследования морфодинамических процессов в Имеретинской бухте, проведенного в ходе проектирования грузового порта.

Результаты. В результате исследования был выявлен характер перемещения наносов и изменения береговой линии в районе изучаемого сооружения.

Выводы. Было выявлено, что изучаемое сооружение полностью перекрыло путь галечно-гравийной смеси, что привело к значительным деформациям берега ниже по течению.

ВВЕДЕНИЕ

Волнение и течения в прибрежной зоне производят интенсивный перенос продуктов разрушения берега и отложение их в других его частях или на акватории в местах падения скоростей. Этот процесс называется движением наносов. Поскольку для каждой данной зоны побережья характерно господствующее направление волнения и течения, движение наносов также имеет соответствующее господствующее направление.

Прогноз движения наносов и изменения береговой линии является обязательным элементом строительства и проектирования морских гидротехнических сооружений и надежной безаварийной службы сооружений.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Для грамотного проектирования морских гидротехнических сооружений необходимо проводить расчеты отложения и перемещения наносов и прогнозирование изменений морских берегов [1-4]. В целях

усовершенствования моделей движения наносов вдоль побережья необходимы данные, получаемые в ходе натуральных исследований при помощи различных установок [5].

Подобные исследования особенно необходимы для регионов, подверженных значительным береговым деформациям. К ним можно отнести побережье Черного моря в районе города-курорта Сочи, где еще с середины XX века существенно нарушен режим движения и отложения наносов [6, 8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение динамики побережья представляет собой целый комплекс исследований [4]. В нем можно выделить:

1. Натурные исследования, включающие в себя геолого-геоморфологическое обследование, гидрологические изыскания, морфолитодинамические исследования. В ходе исследования необходимо определить объем перемещаемых наносов. Кроме того, выделяются зоны аккумуляции наносов и размыва берегов.

2. Эмпирико-теоретические расчеты, являющиеся приближенными и используемые в случае отсутствия данных натуральных наблюдений и невозможности их получения. Выделяют следующие методы: ветроэнергетический, волно-энергетический, ветро-волно-энергетический, гидравлический, эмпирический.

3. Физическое и гидравлическое моделирование сооружений, применяемое в случаях сложных и особо ответственных гидротехнических сооружений.

Помимо всех исследований, необходимо также проводить анализ полученных данных с целью наиболее грамотного проектирования и возведения гидротехнического сооружения.

Регулярное наблюдение за динамикой берегов позволяет предотвратить опасные деформации побережья и защитить от возможной опасности население и объекты, находящиеся в прибрежной зоне.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Первые серьезные проблемы на восточном побережье Черного моря в районе города-курорта Сочи возникли в 50-х годах XX века. На значительный размыв береговой линии повлиял ряд антропогенных факторов, таких как: выборка грунта для строительства в промышленных масштабах, сужение русла реки Сочи, а также строительство в ее устье первого порта. Создание искусственных территорий с использованием пляжа в качестве земельного участка, а также необоснованное

строительство большого количества волнозащитных стен (бун) привело к значительной деградации береговой зоны и размыву пляжей.

Тем не менее, Имеретинская бухта представляла один из немногих участков кавказского побережья, который не испытывал дефицита наносов. Об этом, в частности, свидетельствовал развитый пляж шириной в несколько десятков метров. Дно в пределах активной зоны профиля было покрыто достаточно мощным слоем осадков (песок, гравий, галька, расположенные на различных участках берегового профиля (рис. 1)).

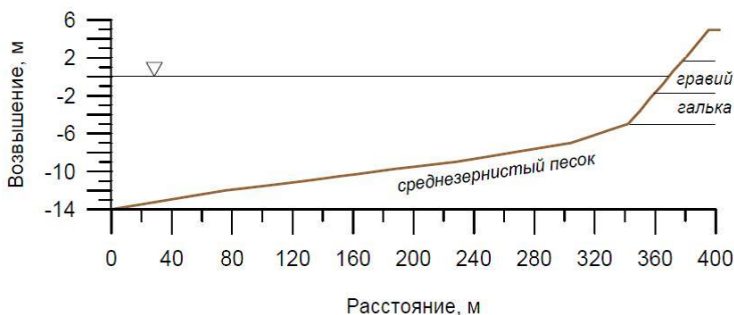


Рис. 1. Типичный профиль берегового склона и типы осадков на дне

В 2012 году в Имеретинской бухте был возведен грузовой порт с целью обеспечения строительства Олимпийских объектов необходимыми материалами. После Олимпийских игр порт был перепрофилирован в яхтенную марину. Однако, при проектировании и строительстве данного порта были допущены серьезные стратегические ошибки, которые привели к неконтролируемому разрушению участков побережья за сооружением.

Для характеристики лито- и морфодинамических процессов в береговой зоне, а также возможного влияния последствий строительства порта на их протекание в рамках проекта были выполнены специальные исследования.

Сооружения порта включают, в частности, два перпендикулярных берегу мола, ограждающих территорию порта с западной и восточной сторон. Западный мол выходит на глубину 12 метров, а восточный продолжается до 9-метровой изобаты. Очевидно, молы перекрывают большую часть зоны берегового профиля и препятствуют перемещению наносов в этом районе. Перераспределение наносов под влиянием сооружений, в свою очередь, вызвало значительные деформации контура берега.

Для оценки потенциальных изменений выполнялись расчеты потока в естественных условиях и оценивались смещения береговой

линии в окрестностях порта. Сложность исследований заключалась в том, что расчетные методы определения потока наносов относятся в основном к песчаным наносам и лишь в небольшой степени затрагивают гравийно-галечный материал.

Главную роль в прибрежных морфодинамических процессах в Имеретинской бухте играют, очевидно, перемещения осадков гравийно-галечной смеси. Среднемноголетний вдольбереговой поток наносов в исследуемом районе направлен с северо-запада на юго-восток и его емкость превышает $60 \text{ тыс. м}^3 \text{ год}^{-1}$.

Полученные по данным исследований интегральные показатели для гравийно-галечной смеси приведены в таблице.

Табл.1. Значения суммарных потоков гравийно-галечного материала

Поток на СЗ	$29,2 \text{ тыс. м}^3 \text{ год}^{-1}$
Поток на ЮВ	$-45,8 \text{ тыс. м}^3 \text{ год}^{-1}$
Результирующий поток	$-16,6 \text{ тыс. м}^3 \text{ год}^{-1}$
Аккумуляция у восточного мола	$14,6 \text{ тыс. м}^3 \text{ год}^{-1}$
Аккумуляция у западного мола	$22,9 \text{ тыс. м}^3 \text{ год}^{-1}$

Аккумуляция наносов у преград и создаваемый тем самым дефицит ниже по течению привел к отступлению береговой линии за сооружением.

Результаты, полученные в ходе исследований представлены на рис. 2 и представляют собой потенциальные изменения берега по обе стороны от порта через 1 год, 5 лет и 10 лет после строительства. Видно, что вблизи молв берег нарастает, на остальной части зон возмущения отступает.

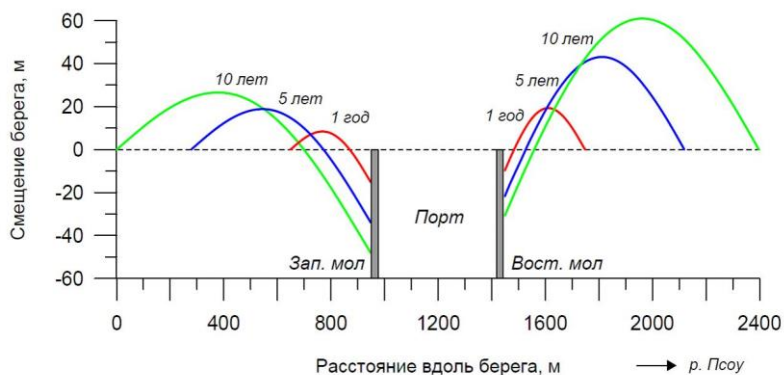


Рис. 2. Изменение береговой линии под влиянием оградительных молв

Таким образом, полученные расчетные оценки уже на момент проектирования сооружения указывали на возможность негативных тенденций будущего развития берега. Так, пляж на участке восточнее порта уже в ближайшее время может сократиться и полностью исчезнуть. Чтобы не доводить изменения до опасной черты, необходимо в период эксплуатации порта проводить постоянный мониторинг береговой линии и осуществлять берегозащитные мероприятия.

Однако, проводимые берегозащитные мероприятия оказались не способны предотвратить разрушение береговой линии, происходящее на данный момент в Имеретинской бухте. Песчано-гравийно-галечная полоса регулярно размывается и требуется регулярно же выполнять ремонтные искусственные отсыпки для поддержания пляжа необходимой ширины. Бетонные берегозащитные сооружения из проницаемых блоков не способны защитить берег во время сильных штормов. Кроме того, под угрозой оказываются капитальные объекты, находящиеся в зоне прогнозируемого размыва.

На современном снимке (рис. 3) видны последствия движения потока наносов: у корневой части западного мола аккумулируется большое количество наносов, образуя пляж, в то время как к участку берега за сооружением наносы не поступают, что в свою очередь приводит к быстрому разрушению берега и берегозащитных сооружений.

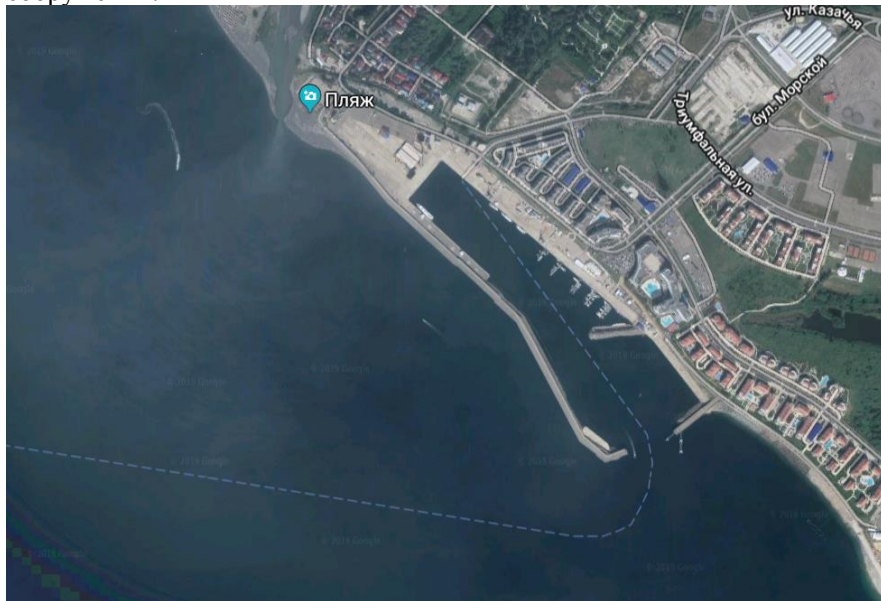


Рис. 3. Снимок современного состояния порта

ВЫВОДЫ

1. При проектировании морских гидротехнических сооружений высокой степени ответственности необходимо проводить комплексное изучение динамики побережья, а также грамотно анализировать результаты исследований.

2. При проектировании порта Сочи в устье реки Мзымты был допущен ряд стратегических ошибок, в частности не верный выбор местоположения сооружения. Оно полностью перекрыло путь галечно-гравийной смеси, что привело к значительным деформациям берега ниже по течению.

3. Проводимые в настоящее время берегозащитные мероприятия не способны улучшить ситуацию, а значит необходима разработка инновационных методов защиты береговой территории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по методам исследований и расчетов перемещения наносов и динамики берегов при инженерных изысканиях // М., Гидрометеиздат. 1975.

2. Руководство по расчету элементов гидрологического режима в прибрежной зоне морей и устьях рек при инженерных изысканиях // М., Гидрометеиздат. 1973.

3. *Дворкин Е.Н., Мустафин Е.Н.* Руководство по морским гидрологическим прогнозам. Методы расчетов и прогнозов уровня моря // СПб. 1994.

4. *Дзаганя Е.В.* Методы прогноза деформаций морских берегов // Строительство в прибрежных курортных регионах. 2018. С. 155-159.

5. *Дыкман В.З., Ефремов О.И., Е.В. Маньковская.* Натурные исследования движения наносов в прибрежной зоне моря // Морской гидрофизический журнал, №5. 2010. С.65-80.

6. Яковлев П.И., Тюрин А.П., Фортученко Ю.А. Портовые гидротехнические сооружения // М., Транспорт. 1990.

7. СП 277.1328500.2016. Сооружения морские берегозащитные. Правила проектирования // Минстрой РФ. 2016.

8. *Макаров К.Н., Мигоренко А.В.* Побережью Сочи грозит техногенная катастрофа // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, № 2. 2012. С.34– 38.

9. *Макаров К.Н.* Основы проектирования берегозащитных мероприятий // Сочи, СГУ, 2013.

ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ В С. ТИЛИЧИКИ

АННОТАЦИЯ

Предметом исследования являются объекты портового пункта в с. Тилички. В данной статье будут рассмотрены социальные причины, побудившие к проектированию и строительству данных объектов. А также естественные условия, определяющие некоторые параметры сооружения.

Основные цели исследования:

- Анализ и доказательство необходимости проектирования и строительства данных сооружений;
- Обоснование некоторых параметров и конструктивных особенностей объектов.
- В качестве материалов будут использованы результаты геологических, геодезических и метеорологических изысканий, публикации на данную тему, а также информация из сети интернет.
- Результатами данной работы будут являться:
- Обоснование строительства причальных сооружений
- Конфигурация и численные значения параметров конструкций портовых сооружений

ВВЕДЕНИЕ

Основанием для данного исследования послужила необходимость проектирования и строительства причальных сооружений в с. Тилички. Данное исследование актуально, так как помогает решить некоторые практические задачи, а именно: обосновывает социальные проблемы, решаемые возведением портовых сооружений, и дает некоторые рекомендации касательно проектируемых конструкций.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Основным источником информации о естественных условиях на площадке строительства послужили отчеты геодезических, геологических и метеорологических изысканий. Для определения некоторых параметров конструкций (длина причала, отметка территории, глубина у причала) использовалась нормативная документация. В качестве примеров объектов, возведенных в суровых условиях, использовались материалы статей: «Порт Сабетта —

арктические ворота для транспортировки СПГ» и «Гидротехнический комплекс для установки плавучей атомной станции».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект находится в с. Тиличики Олюторского района Камчатского края Российской Федерации. С 1 июля 2007 года с. Тиличики, районный центр Олюторского района входит в состав Корякского автономного округа Камчатской области. Расстояние от с. Тиличики до г. Петропавловск-Камчатский составляет 1070 км.

Объект расположен на территории портпункта Тиличики на 2-4 метровой прибрежно-морской террасе на северном берегу бухты Скрытая, залива Корф Берингова моря. От залива Корф гавань отделена длинной узкой песчаной косой.

Территория действующего портпункта находится на северном берегу бухты Скрытая в северо-восточной части Нижних Тиличиков. Она включает насыпную террасу с отметками от 4-6 м и подводный береговой склон бухты с отметками от 3,2 м до минус 0,5 м.

Причиной для проектирования и строительства нового порта послужило непригодное состояние существующих сооружений. В текущих условиях действующий причал выполнен на основе затопленной баржи и плохо справляется с грузооборотом, длина причала 70,75 м, с открылком 9,55 м, ширина 10 м, навигационная глубина 2,7 м, расчетная 1,6 м.

В северной части залива Корф расположены две рейдовые стоянки для рейдовой обработки судов, с помощью самоходных и несамоходных барж с низкой осадкой, из-за малых глубин в бухте Скрытая. Далее, суда доставляют груз по судовому ходу гавани, после чего осуществляется перегрузка. Причал имеет многочисленные дефекты и повреждения.



Рис.1. Ситуационный план с обозначением причала и рейдов

Отсутствие надлежащего причала значительно замедляет скорость обработки судов, что приводит к простоям и увеличивает стоимость выгрузки. Строительство пирса позволит ускорить выгрузку судов, за счет этого снизится стоимость выгрузки.

Климат Камчатского края суровый, в северной части края – субарктический, на побережье – умеренно морской с муссонным характером. Зима продолжительная, снежная. Лето короткое, прохладное и дождливое. Характерной особенностью климата зимой является сочетание низких температур и больших скоростей ветра. Самым холодным месяцем в году является февраль, со среднемесячной температурой минус 14,2 °С. Температура воздуха, наиболее холодной пятидневки, составляет минус 27 °С. Самым теплым месяцем является август со среднемесячной температурой 11,9 С. Средняя максимальная температура воздуха самого жаркого месяца (июля) в году – 15,2 С. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 113 дней. Относительная влажность воздуха достигает 70-81%. Число дней со снежным покровом, в среднем составляет 205 дней [5].

Особенности ветрового режима обуславливаются влиянием циклонов и рельефом местности. Средняя годовая скорость ветра составляет 5,4 м/с. Максимальная наблюдаемая скорость ветра – 40 м/с. Расчетная скорость ветра, с вероятностью превышения 5 %, составляет 10 м/с.

Гавань Скрытая – бухта у северо-западного побережья залива Корф Берингова моря, отделена [6] от залива Корф длинной узкой песчаной косой, открыта к северо-востоку, вдается в материк на 15 км. Ширина входа около 400 м. Мелководная, глубины до 3,0 м в центральной части. На выходе из гавани Скрытая в северной части залива Корф глубины достигают 10 м.

Гидрологический режим залива Корф в целом, и района проектирования в частности, определяется постоянным водообменом с Беринговым морем, вызванным приливами, неправильными полусуточными, величиной 2 м, стоком многочисленных рек и ручьев и суровым климатом. Общая продолжительность ледового периода колеблется от 123 до 214 суток. Соленость на открытой части Берингова моря (глубины 25 – 50 м) достигает от 22 до 32 ‰, у берегов от 24 до 27 ‰.

Ежеминутные уровни воды разной обеспеченности по наблюдениям на у/п с. Тилички за год приведены в таблице 1.

Табл. 1. Ежеминутные уровни воды разной обеспеченности по наблюдениям на у/п с.Тилички за год, система высот условная.

Обеспеченность, %	1	5	10	20	25	50	75	90	95	98	99	99,5
Уровни воды, см	389	366	354	341	337	315	288	263	251	242	239	235

Максимальный наблюденный уровень воды на у/п Тилички равен 411 см, минимальный наблюденный уровень воды на у/п Тилички равен 214 см.

Максимальная высота волн [5] изменяется от 1,0 до 4,5 м. Участок расположения портпункта может быть подвержен воздействию волн цунами. Для с. Тилички прогнозируется, что при возможном прохождении волн цунами в период максимального прилива, максимальная высота волн достигнет отметки 8,86 м.

В геологическом строении рассматриваемого участка портпункта установлены [4] современные прибрежно-морские (mIV), техногенные (tIV) и биогенные (bIV) грунты. В их составе выделено 6 инженерно-геологических элементов (ИГЭ):

ИГЭ-1 - (tIV, насыпной гравийный грунт), ИГЭ-2 - (mIV, супесь заиленная), ИГЭ-3 - (bIV, торф среднеразложившийся), ИГЭ-4 - (mIV, песок гравелистый и песок крупный), ИГЭ-5 - (mIV, песок пылеватый заторфованный и с примесью органических веществ), ИГЭ-6 - (mIV, гравийные и галечниковые грунты с песком).

Уточненная сейсмичность участка портпункта, определенная по категории сейсмических свойств грунтов (табл. 1, СП-14.13330.2018 г.), составляет 9 баллов для карт ОСР-2015-А и ОСР-В.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ социальной проблемы, решаемой данным мероприятием:

Основной целью рассматриваемого проекта является создание условий для рейдовой обработки судов в портопункте с. Тилички, снижения транспортных издержек при доставке грузов и пассажиров.

Для достижения названных целей, рассматриваемых проектом, решаются следующие задачи:

- увеличение транспортной доступности для жителей с.Тилички и п.Корф;
- уменьшение времени рейдовой обработки судов;

- возможность безопасной стоянки у причала самоходных барж;
- сокращение времени простоя морских судов в портопункте.

Фактическое состояние, динамика и тенденции развития показателей, характеризующих проблему, отражают данные статистики:

В настоящее время рейдовая обработка судов в портопункте осуществляется самоходными и несамоходными баржами с перегрузкой на автотранспорт. Данная схема обработки судов приводит к длительным простоям судов и, соответственно, влияет на стоимость выгрузки.

Строительство причального пирса позволит избежать ряд связанных с этим негативных социальных последствий:

- увеличение транспортных издержек при доставке грузов в с.Тилички;
- увеличение стоимости товаров и, как следствие, снижение качество жизни;
- снижение подвижности населения.

Касательно конструктивной части объекта, учитывая такие факторы как: удобство и безопасность входа (выхода) судов на внутривортовую акваторию; безопасность маневрирования, подхода и стоянки судов у причалов; расположение существующего причала; рационального использования причального фронта и естественных условий, можно сделать следующие выводы:

- линию кордона следует запроектировать фронтальной конфигурации;
- количество причалов определено в соответствии с годовым грузооборотом, равным 21,2 тыс. т/год и равно четырем;
- длина причала назначается исходя из [1] расчетных параметров судна, конфигурации причальной линии и запаса свободной длины (10 м). При длине расчетного судна 50 м, длина причала равна 60 м;
- отметка кордона причалов №№ 1-4 принята 4.50 м (местная система высот) и определена с учетом основной и поверочной норм на незатопляемость [1] причалов и отметок существующей прилегающей территории;
- проектная отметка дна у причалов №№ 1-4 принята минус 1,50 м и определена на основании осадки расчетного судна, суммы запасов глубин, необходимых для безопасного подхода и стоянки судов у причалов [1] и отсчетного уровня (уровня 98% обеспеченности). Расчет проектной глубины представлен в таблице 2.
- учитывая приливные явления и значительный грузооборот, проектная глубина «минус 1,50 м» может обеспечиваться не на всей акватории, а только в специальном котловане у кордона проектируемых

причалов №№ 1-4. Ширина специального котлована [1] принимается равной $2B_c=16.4$ м.

- так как грунты позволяют [2] производить погружение, конструкцию причала целесообразно принять в виде заанкеренного больверка, что будет являться наиболее экономичным по стоимости и времени вариантом.

- сечение больверка рекомендуется принять [3] из трубошпунта, имеющего ряд преимуществ для строительства в суровых климатических районах.

Табл. 2. Расчет проектной глубины.

	Наименование показателей	Ед. изм.	Самоходная баржа	Примечание
	Исходные данные для расчета	м	L - 50	
			B - 8.2	
			T - 3.0	
1	T-осадка в грузу	м	3,00	
2	Tсол.-поправка на соленость(0.004T)	м	0.01	
3	Z1 -минимальный навигационный запас (0.04Tгр)	м	0.12	
4	Z2-волновой запас	м	0.20	(Hв=1,0м)
5	Z3-скоростной запас	м	0	
6	Z0-запас на крен (0.026B)	м	0.21	
7	Z4-запас на заносимость	м	0.40	
8	$H_{нав.}=(T+T_{сол})+сумма2(0-3)$	м	3,54	навигационная глубина
9	$H=H_{нав}+ Z4$	м	3.94	проектная глубина
10	U - Отсчетный уровень (98 % обеспеченности)	м	2.42	условная система высот
11	Проектная отметка дна = (H-U)	м	-1,52	
12	Округленно проектная отметка дна:	м	-1,50	

ВЫВОДЫ

Таким образом на основе анализа факторов и условий, влияющих на объект исследования, можно уверенно утверждать, что строительство причальных сооружений принесет большую практическую и социальную пользу. Что касается конструкции, самым экономически

обоснованным и технически пригодным будет вариант возведения заанкеренного больверка трубошпунтового сечения.

Результаты настоящей работы будут использованы при разработке проектной документации портопункта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 350.1326000.2018 Нормы технологического проектирования морских портов.

2. *Кантаржи И. Г., Левачев С. Н.* Гидротехнический комплекс для установки плавучей атомной станции // Гидротехническое строительство, №3, 2016. С. 8-18.

3. *Левачев С. Н., Кантаржи И. Г., Овчинникова Л.В.* Порт Сабетта — арктические ворота для транспортировки СПГ // Гидротехническое строительство, №12, 2016. С. 34-42.

4. Технический отчет об инженерно-геологических изысканиях // ОАО «КамчатГИСИЗ».

5. Технический отчет об инженерно-гидрометеорологических изысканиях // ОАО «КамчатГИСИЗ».

6. Технический отчет об инженерно-геодезических изысканиях // ОАО «КамчатГИСИЗ».

сооружения. Также, во время штормов корабли вынуждены были уходить в открытое море, чтобы не повредить друг друга и причальные сооружения. В связи с чем, потребовалась защита гавани от воздействий волн и ветра, и создать условия для отстоя судов и их обслуживания. Уникальные характеристики местности, климата, рельефа площадки строительства позволили разработать уникальный специализированный проект строительства с применением современных технологий.

Расположение:

Объект находится в восточном районе порта, в районе Шесхарис. Оградительный мол строился в составе военного порта Геопорт. Состоит из двух отдельных частей – мол западный и восточный, вместе они обеспечивают защитную функцию внутренних причалов и прибрежных сооружений. А также на них расположены причалы и все системы для обслуживания судов.

Климат:

Климат близок к средиземноморскому, но преобладает субтропический. В зимний период здесь господствуют воздушные массы умеренных широт, летом – тропических. Обусловленный близостью моря и характером рельефа, климат умеренно-теплый, хотя амплитуда абсолютных значений температур воздуха холодного и теплого периода достигает 60°C. Особенность данной местности является северо-восточный ветер «бора». Скорость ветра достигает 40-60 м/с, в это время суда вынуждены выходить в открытое море.

Гидрология:

Гидрологический режим Новороссийской бухты складывается под влиянием характерных для нее климатических особенностей (ветрового режима, температуры воздуха, количества осадков и др.), гидрологического режима прилегающей части открытого моря и физико-географических особенностей отдельных районов бухты. Бассейн порта в пределах моловых ограждений характеризуется сравнительной мелководностью, замкнутостью и удаленностью от вод открытого моря, интенсивным перемешиванием толщи воды порта под воздействием движущихся судов.

Новороссийская бухта – это ограниченный участок от мыса Дооб до Суджукской косы. Характерной особенностью данного района является, с одной стороны, непосредственное и широкое сообщение вод бухты и открытого моря, а с другой – формирование здесь гидрологического режима, несколько отличного от режима прибрежной части открытого моря. Соленость Черного моря увеличивается с глубиной в открытой части моря от значений 17-18‰ на поверхности до 22,5‰ у дна.

Уровенный режим:

Уровень воды в море зависит от: межгодовых колебаний уровня моря, сезонных колебаний в результате сезонных колебаний температуры приводного слоя атмосферы, влияния пространственно-временной изменчивости динамики вод, стока рек, штормов, ветровых нагонов, пространственной неоднородности поля атмосферного давления над морем. За единый нуль поста для Черного моря принят горизонт с абсолютной отметкой минус 5,000 м, то есть горизонт, лежащий на 5,000 м ниже нуля Кронштадтского футштока.

Геологическая характеристика:

В геологическом строении на территории Геопорта г. Новороссийска принимают участие меловые и четвертичные образования. Преобладают отвальные скопления старых цементных карьеров значительной площади, мощность которых составляет от 7-8 до 15 м.

Конструктивные решения:

Оградительный мол-причал самый большой в стране, общей протяженностью около 2,5 км, состоящий из двух частей: западный (0,85 км) и восточный (1,4 км) (см. Рис.2).



Рис.2. Оградительный мол-причал

Конструкция мола-причала представляет собой эстакаду на буронабивных сваях диаметром 1420 мм с вертикальным волнозащитным экраном из стального двутаврового шпунта и железобетонным верхним строением (ростверком и волноотбойной стенкой).

Свайное основание мола-причала представляет собой систему буронабивных сталежелезобетонных свай из двух взаимонаклонных (10:1) продольных рядов диаметром 1420 мм шагом 4,86 м и вертикальных в шпунтовой стенке (в волнозащитном экране), образованных бетонированием полости шпунтовой стенки из стального двутаврового шпунта сечением 1190x796мм (см. Рис. 3).



Рис. 3. Схема погружения сваи в грунт.

По длине мол-причал (верхнее строение) разделен сквозными деформационными швами на секции по 40м, секции между собой связаны шпонкой, позволяющей перемещаться секциям относительно друг друга в продольном и поперечном направлении.

Ростверк (расчетная часть) высотой 1,7 м, отметка верха плюс 3,200м, низа плюс 1,500 м. Ростверк железобетонный армированный жесткой арматурой в нижнем сечении гибкой в нижнем и верхнем сечении.

Волноотбойная стенка состоит из сборных железобетонных блоков массой 24,6..39,7 т омоноличенных между собой и с ростверком ж.б. швами.

Мол-причал обустроен: швартовными тумбами на усилие 63, 80, 100, 125 тс, отбойными устройствами типов с предназначением, временным волногасящим экраном для периода эксплуатации (строительства) 15 лет (см. Рис. 4).



Рис. 4. Схема секции оградительного мола.

Особенности строительства мола:

Данное сооружение строилось как военный объект и обладает определенной степенью секретности, следовательно, не все данные доступны в широком пользовании.

Уникальный мол возводился в сложных условиях, в сжатые сроки, работа над объектом шла круглосуточно. Использовалось огромное количество материалов и конструкций, которые доводились до готовности на берегу строительства. Потребовались опытные специалисты высокой квалификации: инженеры, сварщики, водолазы, мастера антикоррозионных работ, плавкрановщики, монолитчики, энергетики и др.

Особенностью данной стройки служат все этапы возведения мола. Строительство его шло с головы мола, а не с берега, как принято. Это необходимо для защиты, уже во время строительства, имеющих причалов и кораблей в акватории. Такое начало строительства не совсем удобно, опасно и затрудняет строительные-монтажные работы.

На этапе создания и монтажа готовых свай тоже есть ряд особенностей и сложностей. А именно, сваи до готовности доводились на специальных насыпных площадках на строительном объекте. На российских дорогах можно перевозить элементы (сваи) длиной 11,7 м, для данного сооружения требуется длина их в 5 раз больше. Стыковались заводские элементы сваркой, проводились опыты, также сваи обрабатывались кварцевым песком, затем обезжиривались и покрывались двумя слоями цинка и двумя слоями полиуретана. Необходимо около 3 суток для изготовления одной из трех тысяч готовой сваи.

Далее готовую сваю с помощью плавкрана отправляют на место установки. Сложностью является то, что длина необходимой сваи около 50 метров, что не позволяет размаху стрелы крана ее установить. Поэтому на место установки привозят сваю по частям, с помощью временного кондуктора первую и вторую части сваривают над поверхностью воды. Далее производится забивка сваи, в первую очередь на сваю монтируется 30 т вибропогружатель, который вбивает сваю до скального слоя (флиш). Затем внутрь сваи-оболочки погружают буровую колонну, которая пробуривает скальный грунт на 10-20 м. После чего погружается арматурный каркас и производится бетонирование.

Сваи скрепляют между собой металлической рамой, которая будет служить основой ростверка, прокладывают арматурный каркас и бетонируют поверхность. Далее устанавливают 37 т блоки волноотбойной стенки. Затем производится прокладка инженерных коммуникаций и установка необходимых элементов и оборудования.

Выше указанные работы проводились в сложных климатических условиях, на открытом море, где волнение моря и сильный ветер усложняли строительно-монтажные работы. Также, в штормовую погоду все работы необходимо приостанавливать и все вспомогательное оборудование буксировать к берегу на стоянку.

Можно отметить и тот факт, что в Новороссийске проводились бои в Великую отечественную войну и на глубинах бухты находятся снаряды, и остатки от кораблей и их вспомогательных элементов. Это осложняет строительство в бухте, и также подвергаются риску жизнь строителей.

Выводы

Строительство оградительного мола осуществлялось в сложных климатических условиях, а именно ветер «бора», шторм. Особенный рельеф площадки строительства позволил разработать уникальный специализированный проект строительства с применением современных технологий. Потребовалось огромное количество ресурсов, материалов и средств для реализации этого проекта. Функциональное назначение оградительного мола: защита от волновых и ветровых воздействий, обеспечение судов защитой от шторма, стоянкой и обслуживанием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 38.13330.2012 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*. М.: Минрегион России, 2014.
2. ВСН 3-80 Инструкция проектирования морских причальных сооружений. Минморфлот. Москва ЦРИА «МОРФЛОТ», 1981.
3. РД 31.3.05-97 Нормы технологического проектирования морских портов. Москва, 1998.
4. А.Я. Будин «Городские и портовые набережные».2014, с.424.

ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГРУЗОВОГО ПОРТА В УСТЬЕ Р.ПСОУ И СВЯЗАННЫЕ С ЭТИМ ПРОБЛЕМЫ

АННОТАЦИЯ

Предметом исследования являются объекты грузового порта в устье р. Псоу. В данной статье будут рассмотрены социальные причины, побудившие к проектированию и строительству данного объекта, естественные условия определяющие параметры сооружения, а также его влияние на окружающую среду в бухте Имеретинская.

Основные цели исследования:

- Исходные предпосылки, цели проектирования и строительства порта в устье р. Псоу;
- Обоснование компоновочных, конструктивно-технологических решений объекта;
- Влияние строительства порта на береговые процессы Имеретинской низменности.

В качестве материалов будут использованы результаты геологических, геодезических и метеорологических изысканий, публикации на данную тему, а также информация из сети интернет.

Результатами данной работы будут являться:

- Обоснование состава и расположения причальных сооружений;
- Конфигурация и численные значения параметров конструкции причала №1;
- Решения по необходимым мероприятиям для минимизации последствий негативных береговых процессов.

ВВЕДЕНИЕ

Основание для данного исследования – необходимость проектирования и строительства грузового порта в устье р. Псоу. Данное исследование актуально, так как решает практические задачи: обоснование параметров проекта, при соблюдении обязательных требований и условий строительства, а также оценка влияния конструкций на окружающую среду в намечаемом районе строительства.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Основным источником информации о естественных условиях на площадке строительства послужили отчеты геодезических, геологических и метеорологических изысканий. Данные о основных

лито- и морфодинамических процессах были взяты из научных публикаций: «Математическое моделирование береговых процессов Имеретинской низменности», «Природно-техногенная система: Имеретинская низменность – олимпийский комплекс». Для определения некоторых параметров конструкций (длина причала, отметка территории, глубина акватории) использовалась нормативная документация. В качестве объекта-аналога, для которого проводилось моделирование потоков наносов примем Мзымтинский порт «Математическое моделирование береговых процессов Имеретинской низменности для обоснования берегозащитных мероприятий».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Площадка строительства грузового района порта Сочи расположена на побережье Черного моря, в междуречье Мзымта-Псоу, в бухте Имеретинская, на участке берега от мыса Константиновский до устья реки Псоу.

Причины строительства определены техническим заданием на проектирование, в котором обозначены два различных по целям, периода эксплуатации проектируемого объекта:

- первый период – связан с приемом строительных материалов и конструкций в период и для строительства объектов олимпийской инфраструктуры, предназначенных для обеспечения проведения XXII зимних Олимпийских игр в г. Сочи в 2014 году;

- второй период – связан с рассматриваемыми в дальнейшей перспективе, возможными вариантами использования построенного объекта, в частности, под яхтинг.

Гидрогеологические условия района характеризуются неглубоким залеганием подземных вод, приуроченных к гравийно-галечниковым отложениям. Глубина залегания изменяется в пределах 2,2 – 5,4 м от поверхности. Подземные воды местами имеют местные напоры до 0,5 м, что связано с наличием суглинистого водоупора, перекрывающего водоносный горизонт. Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Общее направление грунтового потока - в сторону моря.

В границах акватории, отведенной для строительства, естественные отметки дна меняются:

- От 0,0 до минус 6,0 м - на расстоянии 35 – 45 м от линии берега;
- От минус 6,0 до минус 16,0 м - на участке акватории шириной 270 – 380 м уклон дна становится более пологим. Мористее изобаты минус 16,0 м, уклон дна постепенно нарастает, переходя в каньон.

Согласно СП 28.13330.2017 морская вода слабоагрессивная по общему содержанию солей и сильноагрессивная по содержанию

сульфатов по отношению к бетонам марки W4 по водопроницаемости на портландцементе.

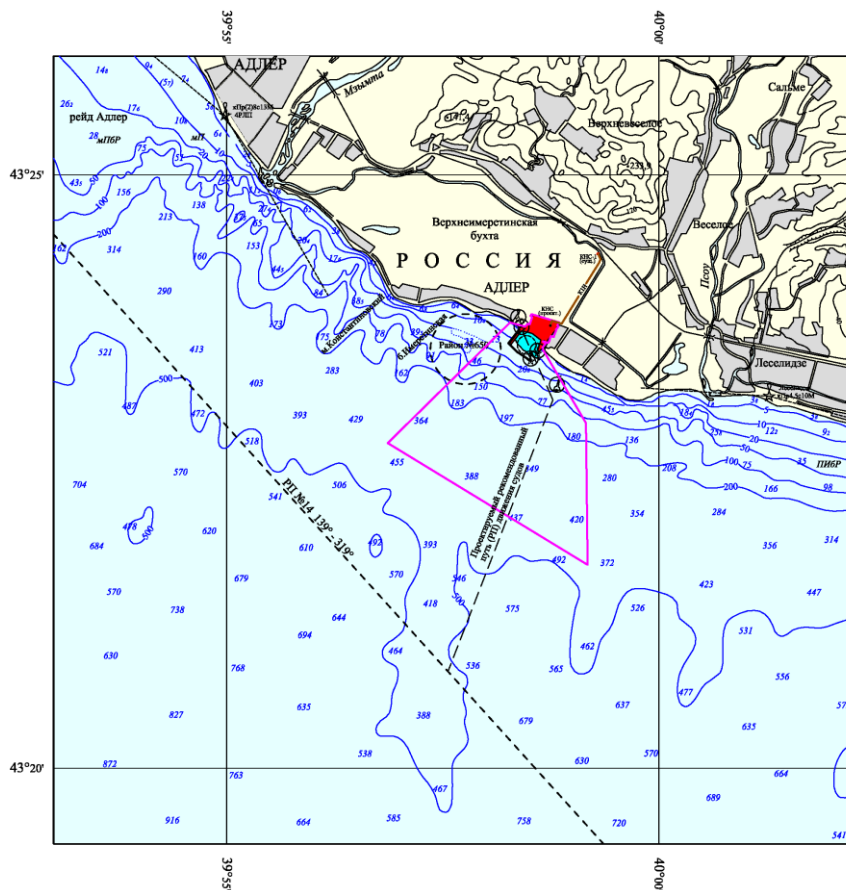


Рис.1. Ситуационный план

Для характеристики климатических условий района строительства использованы данные многолетних наблюдений на метеорологических станциях Сочи, Адлер.

В соответствии со СП 131.13330.2012 (п.1.2), значения климатических параметров района могут быть приняты равными приведенным в таблицах СНиП значениям климатических параметров ближайшего пункта (Сочи).

Участок строительства относится:

- по схематической карте климатического районирования для строительства – к климатическому подрайону IV Б;
- по схематической карте зон влажности – к влажной зоне;
- по схематической карте распределения среднего за год числа дней с переходом температуры воздуха через 0°С - менее 60.

Наибольшие значения средних месячных скоростей ветра наблюдаются зимой с декабря по март (3.7 – 3.8 м/с), наименьшие значения приходятся на июнь и сентябрь (2.9 м/с).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Компоновка сооружений грузового района порта Сочи выполнена на основе проектных решений по технологии перегрузочных работ с учетом зонирования портовой территории, в границах предоставленного земельного участка.

Основными волноопасными направлениями для рассматриваемого района являются ЮВ, Ю, ЮЗ и З. Учитывая существующие волновые условия, район порта проектируется под защитой оградительных сооружений (молов).

Начертание причальной линии – фронтальное. Разворот судов осуществляется на входном рейде, площадь которого позволяет вписать окружность диаметром, равным двум длинам (290,0 м) максимального расчетного судна. Ширина операционной акватории принята равной двум ширинам расчетного судна.

Основные факторы, повлиявшие на компоновку грузового района, следующие:

- Место размещения объекта, границы отвода территории и акватории для его строительства, окружающая объект жилая застройка;
- Номенклатура переваливаемых грузов;
- Стремление к минимизации затрат на строительство;
- Перепрофилирование грузового района порта в перспективе в яхт-клуб, т.е. временный характер деятельности объекта по своему назначению.

В составе грузооборота (5,0 млн. т/год) планируется перевалка следующих видов

грузов:

- Цемент навалом – 2,0 млн. т/год;
- Минеральные строительные материалы (МСМ) навалом (песок, щебень, гравий) – 2,7 млн. т/год;
- Генеральные грузы – 0,3 млн. т/год.

Для освоения планируемого грузооборота при заданных расчетных типах судов потребуются строительство четырех грузовых причалов и двух причалов служебно-вспомогательного назначения.

Рассмотрено 4 варианта компоновки причального фронта и береговых объектов. Принят вариант перегрузки цемента со складом силосного типа. Все другие варианты компоновки причалов грузового района порта возможны лишь при смещении линии кордона причалов и оградительных сооружений мористее, что соответственно повлечет за собой увеличение стоимости строительства объекта, т. к. граница отвода территории “застывает” территорию проектируемого грузового района вдоль уреза воды, в направлении запад-восток.

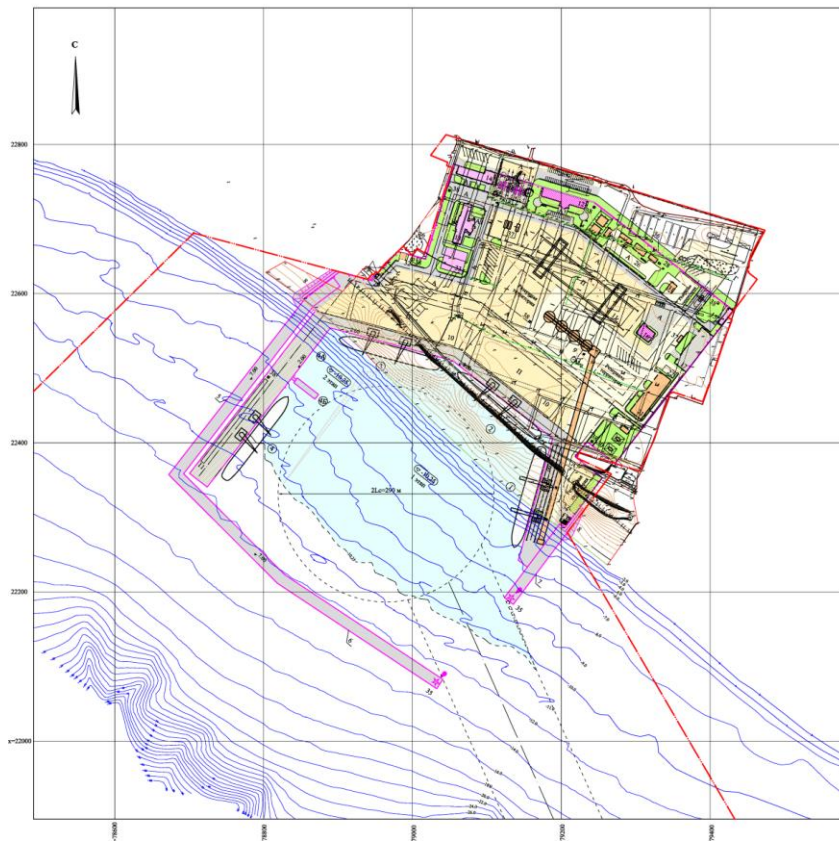


Рис. 2. Генеральный план

Проектная глубина причалов составляет 9,75 м, проектная отметка дна акватории – минус 10,25 м БС. Проектируемые гидротехнические сооружения имеют в своем составе:

- Южный и Западный оградительные молы общей длиной 770 м;
- два причала для минеральных строительных грузов (№2, 3);
- причал для генеральных грузов длиной 170м (№4);

- причал портофлота длиной 100м;
- причал для перегрузки цемента – длиной 170 м (№1).
- Восточный оградительный мол длиной 110м.

Причал №1 для перегрузки цемента – длиной 170 м. Ввиду ограниченных сроков строительства и удовлетворяющих геологических условий (залегание гравийно-галечниковые отложений, среднезернистого песка, наличие суглинистого водоупора), конструктивно был принят заанкерованный больверк, лицевая стенка которого из шпунта AZ-46.

Анкерная тяга Duwidag (555/700) соединяющая лицевую и анкерную стенку, установлена с шагом 2,32 м. Анкерная стенка, запроектированная из шпунта AZ-46, расположена на расстоянии 20,0 м от лицевой стенки.

Верхнее строение - монолитный железобетонный оголовок с потерной для прокладки инженерных сетей. На причале предусматривается устройство подкрановых путей с колесей 10,5 м по подкрановым балкам на свайном основании из металлических труб $\varnothing 720 \times 10$ мм с закрытым наконечником шагом 4,5 м.

Покрытие причала – дорожные плиты 1п62-18.

Причал оборудован отбойными устройствами, швартовными тумбами и колесотбойным брусом.

Сегодня пляжи шириной 40–50 м в Имеретинской низменности существуют за счет того, что река Мзымта доставляет к морю уже окатанную гальку, гравий и песок. А пляж, в свою очередь, является лучшим природным образованием для защиты суши от размыва штормовыми волнениями. Река Мзымта является практически единственным источником пополнения пляжей Имеретинской низменности наносной галькой и песком.

Молы перекроют большую часть активной зоны берегового профиля и будут препятствовать перемещению наносов в этом районе. Перераспределение наносов под влиянием сооружений будет, в свою очередь, вызывать деформации контура берега. Аккумуляция наносов у преград и создаваемый тем самым дефицит ниже по течению будут приводить к выдвиганию и отступлению береговой линии на тех или иных участках. Заметим, что в данном случае дефицит не равен аккумуляции, а соответствует величине потока, прерванного сооружением.

Поскольку доминирует перемещение наносов на ЮВ, то у западного мола берег нарастает быстрее. Зато его отступление с восточной стороны больше, чем с западной рис.3.

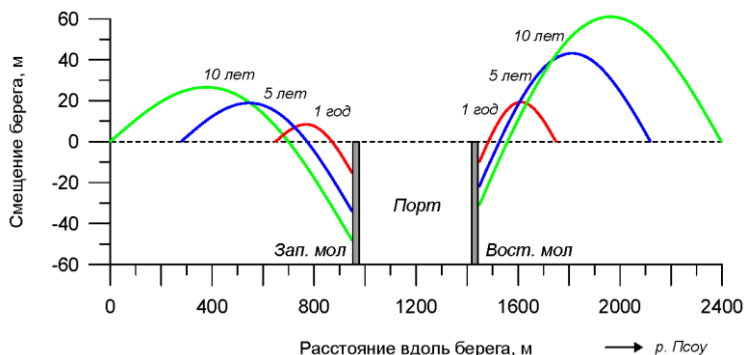


Рис. 3. Изменения береговой линии под влиянием оградительных молов через 1 год, 5 и 10 лет после строительства

Таким образом, полученные расчетные оценки указывают на возможность негативных тенденций будущего развития берега. Уже через год после строительства, пляж на участке восточнее порта может сократиться на 20 м, а через десяток лет и вовсе исчезнуть. Чтобы не доводить изменения до опасной черты, необходимо в период эксплуатации порта проводить мониторинг, а также обеспечить регулярные подсыпки гравийно-галечного материала на отступающие участки берега. При этом могут использоваться и наносы, накапливающиеся у молов.

ВЫВОДЫ

Таким образом на основе анализа факторов и условий, влияющих на объект исследования, можно твердо сказать, что строительство причальных сооружений принесет большую практическую пользу, но имеет большое влияние на окружающую среду. Что касается конструкции, экономически обоснованным и технически пригодным будет вариант возведения заанкеренного больверка корытного сечения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 350.1326000.2018 Нормы технологического проектирования морских портов.
2. Математическое моделирование береговых процессов для обоснования инженерных решений по берегозащите имеретинской низменности. Кантаржи И.Г., Мордвинцев К. П. 2011.
3. Природно-техногенная система: имеретинская низменность — олимпийский комплекс. Потапов А. Д., Лаврусевич А.А., Лейбман М.Е., Ляпин А.В., Маркова И.М. Московский государственный строительный университет. 2011.

4. Создание грузового района порта Сочи с созданием береговой инфраструктуры в устье р. Псоу. Пояснительная записка. // ОАО «СОЮЗМОРНИИПРОЕКТ». 2012.

5. Создание грузового района порта Сочи с созданием береговой инфраструктуры в устье р. Псоу. СПОЗУ. // ОАО «СОЮЗМОРНИИПРОЕКТ». 2012.

Студент магистратуры 2 курса 16 группы ИГЭС Н.А. Зубачев
Студент магистратуры 2 курса 16 группы ИГЭС В.В. Волоконский
Научный руководитель – проф., к-т техн. наук С.Н. Левачев, преп. И.М. Галимов

**ПОДБОР СОСТАВА И РАЗМЕРА ФРАКЦИЙ ЗАПОЛНИТЕЛЯ
ОБЪЕМНЫХ ГЕОРЕШЕТОК С УЧЕТОМ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ. НАЗНАЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕМНЫХ ГЕОРЕШЕТОК В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
УГЛА ЗАЛОЖЕНИЯ ОТКОСА**

ВВЕДЕНИЕ

В рамках работы по изучению методов защиты склонов от эрозионного воздействия с применением объемных георешеток мы обнаружили проблему вымывания материала заполнителя из ячеек при воздействии потока воды. На поиск решения данной проблемы нас натолкнула ситуация обрушения откоса при строительстве стадиона в городе Волгоград (рисунок 1).



Рис. 1. Размыв откоса под действием дождевых и сточных вод

Защита поверхности склонов - часто встречающаяся проблема при строительстве большинства объектов дорожного, гидротехнического, железнодорожного строительства. Склоны подвергаются постоянным разрушающим воздействиям, так все откосы испытывают эрозионное воздействие осадков, откосы дамб испытывают действие потока воды и волн, льда, откосы железнодорожных насыпей постоянные

динамические нагрузки [1]. Под воздействием такого количества нагрузок откосы быстро разрушаются и уже само тело насыпи (сооружения) начинает деформироваться. В связи с этими многочисленными трудностями конструктивное решение защиты откосов должно быть технологичным, долговечным, простым и недорогим при монтаже и эксплуатации. По нашему мнению, таким решением являются конструкции с применением объемных георешеток. Для подготовки исследования мы обратились к крупнейшему производителю геосинтетических материалов ООО «ПРЕСТОРУСЬ». Для проведения испытаний нам была предоставлена объемная георешетка нового поколения – инновационная пространственная полимерная решетка ГЕОКОРД®.

На данный момент на рынке геосинтетики существует огромное разнообразие объемных георешеток. В данной статье мы не будем сравнивать различные объемные георешетки, а поговорим о эффективности удержания заполнителя объемными георешетками при воздействии потока воды, о подборе материала заполнителя и о назначении геометрических параметров объемных георешеток в зависимости от угла заложения откоса. Зачастую проектировщики не уделяют этому достаточно внимания и назначают материал заполнителя исключительно из сложившегося опыта и могут не учесть множество факторов. Такой подход неверный и в данной статье мы постарались осветить все вопросы, касающиеся подбора заполнителя, и разобрали несколько нюансов, которые необходимо учитывать, при проектировании сооружений с применением объемных георешеток.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основной и, пожалуй, самой важной функцией объемных георешеток является защита откосов от эрозии, вызванной осадками или другими потоками воды. Чтобы защитить откос, ячейки объемной георешетки заполняют различными материалами: песок, растительный грунт, щебень, камень или обломочная порода. Выбор заполнителя обуславливается: назначением объекта, интенсивностью осадков, подтопляемостью откоса, углом заложения, дополнительными нагрузками, действующими на откос.

Показателем эффективности работы объемной георешетки на откосе, а, следовательно, ее противоэрозионной функции, является способность удержания заполнителя при воздействии потока воды.

Чтобы изучить эффективность удержания заполнителя объемными георешетками при воздействии дождя или потока воды, были проведены несколько лабораторных испытаний на гидравлической установке для щебня (гидравлический лоток позволяет имитировать

направленный поток воды имеющий большую скорость, что соответствует реальному практическому случаю применения объемной георешетки (заполненной щебнем) и на натурной модели орошаемого откоса (песок и растительный грунт наиболее часто применяемые заполнители непотопляемых откосов, основное разрушающее действие на них оказывает дождь). Целью испытаний было определить процент вымываемости заполнителя из ячеек при воздействии на откос потока воды (в случае со щебнем) или дождя (песок).

Для изучения состава и размера фракций заполнителя объемных георешеток с учетом гидравлического воздействия были проведены теоретические расчеты критических скоростей потока для ряда крупностей частиц заполнителя, которые впоследствии сравнивались с результатами эксперимента по измерению критических скоростей при помощи «водных» тензодатчиков.

Назначение рациональных уклонов откосов и геометрических параметров объемных георешеток происходило на основе расчетов критических скоростей сноса частиц с откоса и расчетов устойчивости георешетки на откосе в соответствии с [2]. Также во внимание принимался большой опыт укрепления откосов объемными георешетками компании ООО «ПРЕСТОПУСЬ».

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследование эффективности удержания заполнителя георешетками при воздействии потока воды.

В первом испытании исследовалась эффективность удержания заполнителя двумя типами объемных георешеток: перфорированной – «ГЕОКОРД» тип С 200/172 Р (прочность на растяжение - 29 кН/м; 200 мм - высота ячейки, 172 мм - размер ячейки по стороне) и неперфорированной – «ГЕОКОРД» тип С 200/172. Решетки заполнялись щебнем фракцией 20-40 мм, угол заложения откоса составлял 1:2 и 1:1 [3,4,5]. В ходе испытаний образы подвергались воздействию потока воды со скоростью до 2 м/с в течении 20 минут, после чего замерялось количество щебня, вымытого из ячеек и определялся процент потери георешеткой заполнителя. Проводилось три серии испытаний для каждого типа георешетки и для каждого заложения откоса (рисунок 2).



Рис. 2. Гидравлическая модель для определения эффективности удержания заполнителя-щебня при воздействии потока воды

По итогам испытаний было установлено, что потери заполнителя в среднем составили не более 1% как для перфорированной, так и для неперфорированной георешетки. Однако дренирующая способность перфорированной георешетки значительно выше, вода не оказывает возмущающего воздействия на заполнитель, и он более стабилен в ячейке. Данный результат свидетельствует о высокой эффективности удержания заполнителя-щебня объемной георешеткой при воздействии потока воды, следовательно, объемная георешетка (в данном эксперименте – «ГЕОКОРД») обладает высокой противозэрозийной способностью и отлично подходит для защиты откосов.

Во втором испытании георешетка ГЕОКОРД тип С 100/172 0530 Р (перфорированная) и ГЕОКОРД тип С 100/172 0530 (неперфорированная) заполненные песком средней крупности фракция 2-2,5 мм укладывались на натурную модель откоса 1:2 и 1:1 (рисунки 3, 4) и подвергались орошению из дождевых установок с интенсивностью 3 л/мин*м² в течении 20 мин [3,4,6]. Вода с частицами вымытого песка собиралась в баки и помещалась в сушильную камеру, далее определялся процент потери грунта.



Рис. 3. Натурная модель откоса для определения эффективности удержания заполнителя-песка георешетками при воздействии потока воды



Рис. 4. Процесс испытания

По итогам испытаний было установлено, что потери заполнителя составили не более 15%. Учитывая крупность заполнителя, высокую интенсивность осадков и отсутствие посева травы — это весьма хороший результат. Георешетка «ГЕОКОРД» способна хорошо удерживать даже мелкий заполнитель, но как показали результаты испытаний, посадка травы для создания армирования необходима.

Подбор состава и размера фракций заполнителя объемных георешеток с учетом гидравлического воздействия.

В целях эффективного подбора состава и фракций заполнителя георешетки, необходимо определить зависимость между скоростью потока воды и крупностью фракции заполнителя.

По формуле (1) определим гидравлическую крупность частиц заполнителя различных фракций:

$$W = \sqrt{\frac{4gD\rho_s}{3C\rho}} \quad (1)$$

где

C – коэффициент сопротивления, 0,45 для шарообразной частицы;

D – диаметр частиц заполнителя;

ρ_s – плотность частицы;

ρ – плотность жидкости (воды 1 т/м³);

g – ускорение свободного падения ($9,81 \text{ м/с}^2$);

Чтобы учесть все режимы движения воды (ламинарный и турбулентный), а также большие размеры частиц заполнителя воспользуемся эмпирической формулой расчета скорости осаждения частиц взвеси (2):

$$W = \frac{1}{2} \left\{ \left[\frac{36\nu}{D} + 7,5 \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) Dg \right]^{\frac{1}{2}} - 36 \frac{\nu}{D} \right\} \quad (2)$$

Полученные результаты сведены в таблицу 1 (все величины брались по справочным данным [7]).

Табл. 1. Гидравлическая крупность при $t=15^\circ\text{C}$ (по А.В. Воранцову)

Гидравлическая крупность при $t=15^\circ\text{C}$ (по А.В. Воранцову)												
Диаметр частиц, мм	200	0	5	2,5	1,0	0,5	0,2	0,1	0,05	0,01	0,005	0,001
Гидравлическая крупность, мм/сек (м/сек)	3920 (3,92)	240 (1,24)	620 (0,62)	430 (0,43)	100 (0,1)	60 (0,06)	21 (0,021)	8 (0,008)	2 (0,002)	0,08 (8*10 ⁻⁵)	0,03 (3*10 ⁻⁵)	0,008 (8*10 ⁻⁷)

Следующим шагом было определение критических скоростей, при которых частицы заполнителя будут уноситься с откоса (не защищенного георешеткой).

Критическая скорость при безнапорном режиме рассчитывается по формуле (3):

$$Y_{кр} = V \sqrt[4]{\frac{1}{F_r} * \sqrt[9]{\frac{\rho_{см}-\rho_B}{\rho_B} * \left(\frac{\rho_T-\rho_{см}}{\rho_B}\right)^2}}, \quad (3)$$

где

V – эмпирический коэффициент (3,85 – песок, гравий; 2,86 – крупнообломочная порода);

$$F_r = \frac{W^2}{gD} - \text{число Фруда};$$

$\rho_{см}$ – плотность смеси;

ρ_B – плотность воды;

ρ_T – плотность заполнителя;

W – гидравлическая крупность частиц заполнителя см. таблица 1.

Сведем полученные результаты в таблицу 2, все величины брались по справочным данным [7].

Табл. 2. Критическая скорость сноса частиц на незащищенном откосе

Критическая скорость сноса частиц на незащищенном откосе	
Грунт (d мм)	$\gamma_{кр} \left(\frac{м}{сек} \right)$
Глинистые частицы (0,001)	0,002
Ил (0,005-0,05)	0,1-0,13
Мелкие пески (0,05-0,1)	0,1-0,18
Пески средней крупности (1-2,5)	0,18-0,35
Крупные пески (2,5-5)	0,35-0,5
Щебень, камень (20-200)	2-3

При расчете толщина потока воды принималась равной $h=0,5м$, уклоны для тока воды: 1,5-4,5% - при таких уклонах гарантируется снос частиц.

Теперь, зная критические скорости сноса частиц грунта незащищенного откоса, определим данный показатель уже для откоса, защищенного объемной георешеткой. Основное влияние на критические скорости будут оказывать ячейки георешетки, так как они оказывают сопротивление движению жидкости и частицы материала заполнителя будут задерживаться между ячейками и, следовательно, критические скорости сноса частиц будут существенно уменьшаться. Для определения критических скоростей с учетом размеров ячейки объемной георешетки (применяем георешетку ГЕОКОРД® с размером ячейки по диагонали 200 мм, перфорированную) и учитывая ее текстурирование, мы провели ряд испытаний на гидравлическом лотке. Измерение критических скоростей проводилось при помощи «водных» тензодатчиков, которые способны измерить силовое воздействие потока. Результаты испытаний представлены в таблице 3.

Табл. 3. Критическая скорость сноса частиц на защищенном георешеткой откосе

Критическая скорость сноса частиц на защищенном георешеткой откосе	
Грунт (d мм)	$\gamma_{кр} \left(\frac{м}{сек} \right)$
Глинистые частицы (0,001)	0,0002
Ил (0,005-0,05)	0,01-0,013
Мелкие пески (0,05-0,1)	0,01-0,018
Пески средней крупности (1-2,5)	0,018-0,035
Крупные пески (2,5-5)	0,035-0,05
Щебень, камень (20-200)	0,2-0,3

Таким образом, зная критические скорости потока воды приходящегося на откос, можно подобрать тип заполнителя ячейки георешетки и его фракцию.

Назначение рациональных уклонов откосов и параметров объемных георешеток.

Исходя из расчетов критических скоростей сноса частиц с откоса и расчетов устойчивости георешетки на откосе [2], мы рекомендуем использовать объемные георешетки на откосах с предельным заложением 1:0,5(60°). Также базирясь на большом опыте укрепления откосов объемными георешетками, мы разработали методику подбора параметров объемной георешетки, а именно: высоты, размеров ячейки, толщины стенок, от величины угла заложения откоса. Данные методики были разработаны как для неподтопляемых (рисунок 5) так и для подтопляемых откосов (рисунок 6) Необходимо помнить, что фиксация объёмной георешетки на откосе осуществляется при помощи анкеров, количество которых определяется исходя из расчета.

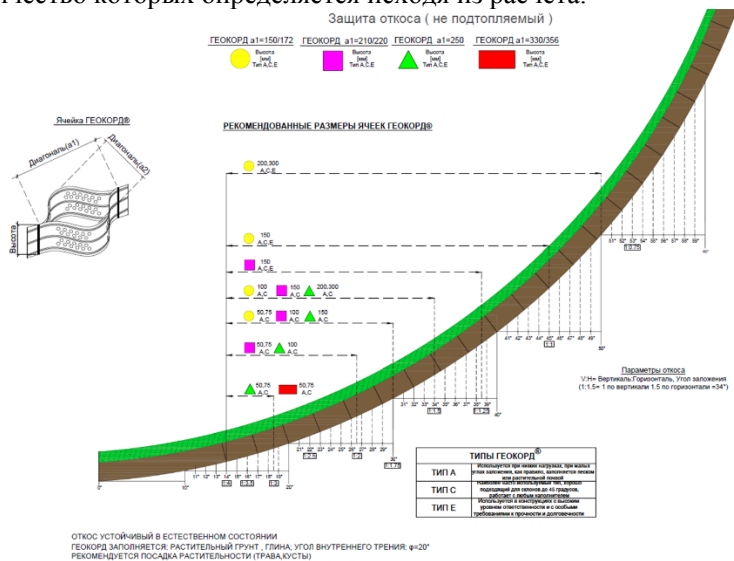


Рис.5. Схема подбора параметров объемных георешеток в зависимости от заложения откоса (неподтопляемый)

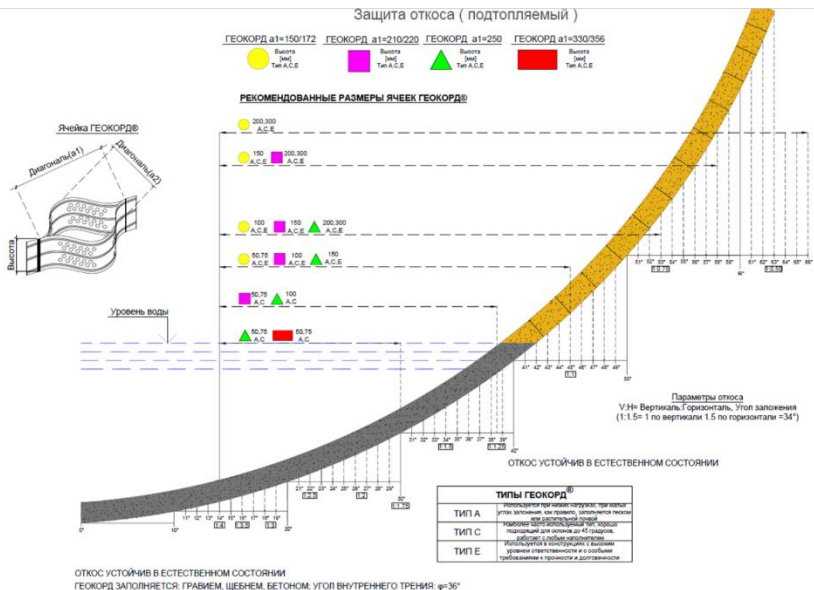


Рис. 6. Схема подбора параметров объемных георешеток в зависимости от заложения откоса (подтопляемый)

ВЫВОДЫ

Проведенные испытания позволили сделать выводы о том, что причиной обрушений откосов, помимо прочих факторов, является неправильный выбор материала заполнителя. При подготовке решения защиты откоса с применением объемных георешеток необходимо учитывать следующие рекомендации:

- при назначении параметров откосов и типов объемных георешеток следует собирать полный пакет исходных данных для проектирования и не пренебрегать инженерными изысканиями;
- при проектировании откосов с применением объемных георешеток принимать углы заложения до 60°;
- осуществлять подбор частиц заполнителя в зависимости от исходных данных проекта, ориентируясь на описанные в данной статье методы;
- при проектировании защиты откосов против эрозии использовать перфорированную георешетку, что позволит избежать потери заполнителя и переувлажнения тела откоса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). -Введ.01.01.2013. – М.: ОАО "ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева", 2013.
2. Приложение А. Расчетная оценка условий предельного равновесия поверхностной зоны откоса, укрепленной георешеткой // ОДМ 218.3.032-2013. -Введ.21.03.2013. – М.: Федеральное дорожное агенство (Росавтодор), 2013.Кнороз В. С.
3. Методические рекомендации по применению геоячеек «Прудон-494» при строительстве сельских (местных) автомобильных дорог в композиции с местными материалами и отходами промышленности: СТО 07859300–003–2011. – Введ. 01.08.2011. – Бронницы: ОАО «494 УНР», 2011. – 101с.
4. Зайцев А. А., Бубновский В. В. Пластиковые геоячейки «Прудон-494» при строительстве пути // Путь и путевое хозяйство. – 2013. – ¹ 7. – С. 23–24.
5. ПНСТ 268-2018. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для борьбы с эрозией на откосах. Общие технические условия.). -Введ.01.08.2018. – М.: АНО "НИИ ТСК", 2018, ООО "Мегатех инжиниринг" 2018.
6. Стандартный метод испытаний для определения эффективности рулонного материала эрозионного контроля (RECP) при защите склонов от эрозии, вызванной осадками // ASTM D 6459.
7. Неразмывающая скорость для несвязных грунтов и факторы, ее определяющие // Известия ВНИИГ. – 1958. – №59. – С. 62–81.

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УМЕНЬШЕНИЯ ИСПАРЕНИЯ С ВОДНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования: Чтобы сохранить воду и уменьшить потери при испарении, во многих странах было разработано и испытано много методов. В статье представлен обзор исследований современных физических, химических и биологических методов уменьшения испарения с водной поверхности. Указаны основные характеристики, а также достоинства и недостатки каждого метода.

Цели: Целью данной работы является обзор полевых, лабораторных и численных исследований методов снижения испарения с водных поверхностей, проведенных разными авторами за последние 13 лет (с 2005 по 2018 гг.).

Материалы и методы: В статье приводятся результаты опубликованных работ по физическим, химическим и биологическим методам уменьшения испарения с водной поверхности.

Результаты: В настоящее время используется несколько методов уменьшения испарения. В физических методах используются плавающие или подвешенные покрытия, которые могут сэкономить большой процент воды (от 70 до 95%). Использование перемешивания водных слоев сжатым воздухом компрессоров представляется очень перспективным для уменьшения испарения в глубоких водоемах (с глубиной более 18 м). Для уменьшения испарения воды широко используются химические вещества, такие как WaterSavr, которые могут сэкономить относительно небольшой процент воды (от 20 до 40%). Биологические методы, такие как плавающие растения и пальмовые ветви, могут обеспечить значительное уменьшение объема испарения.

Выводы: Применение любого метода для уменьшения испарения должно быть обосновано. В дальнейшем предполагается разработать рекомендации по применению конкретных методов в разных условиях.

ВВЕДЕНИЕ

Хотя вода покрывает более 70% поверхности Земли, только 1% воды - пресные, а для хозяйственного использования доступно значительно меньше. Кроме того, рост населения, загрязнение окружающей среды и глобальное потепление оказывают невиданное ранее давление на имеющиеся на Земле водные ресурсы. Поэтому стоимость воды во многих странах мира с засушливым или

полузасушливым климатом значительно возросла за последние десять лет. Испарение является одной из наиболее важных причин, из-за которых может снижаться качество и количество воды, доступной для промышленного, сельскохозяйственного и бытового использования. Поэтому потери в результате испарения становятся существенной проблемой для эффективного сохранения воды во многих частях земного шара [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Были собраны и изучены результаты статей, материалов конференций, книг и технических отчетов, чтобы представить основные характеристики, преимущества и недостатки каждого уменьшения испарения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ниже приводится классификация физических, химических и биологических методов уменьшения испарения с водной поверхности и приводятся их положительные и отрицательные свойства.

1. Физические методы уменьшения испарения, которые используют плавающие покрытия

1.1 Плавающие сплошные покрытия.

Плавающие непрерывные покрытия обычно создают непроницаемый барьер, который плавает на поверхности воды. Полиэтиленовый пластик оказался наиболее приемлемым и долговечным материалом для покрытий этого типа. Испытания показали, что плавающие покрытия, такие как E-VarCaps, могут снизить испарение из открытых водохранилищ более чем на 95% [2].

1.2 Модульные плавающие объекты.

Это отдельные плавающие объекты, которые могут защищать поверхность воды. Примерами используемых плавающих модульных покрытий являются Aquacaps и пластиковые шары.

1.2.1 Плавающие диски (aquacaps)

Как показано на Рис. 1, aquacaps представляют собой круглые плавающие модули диаметром 1,1 м, сделанные из полипропилена и полиэтилена высокой плотности [3].

Исследования для оценки эффективности плавающих элементов для снижения потерь на испарение из водохранилищ были проведены в лабораторных условиях. Результаты показали, что испарение из защищенного плавающими дисками резервуара было снижено примерно на 80% относительно открытой поверхности воды [4].



Рис. 1. Плавающие диски (aquacaps)

1.2.2 Пластиковые шары

Пластиковые экологически чистые шары можно использовать в озерах, ручьях и плотинах, как показано на Рис. 2. В пруде Неру (Индия) было проведено исследование для оценки эффективности использования шаров из пластика для уменьшения испарения с поверхности воды. Для покрытия резервуара были использованы 4-х дюймовые черные шары из полиэтилена высокой плотности и технического углерода. Это исследование показало, что тени шаров уменьшали на 43-45% испарения в резервуаре [5].



Рис. 2. Пластиковые шары

2. Физические методы уменьшения испарения, которые используют подвешенные покрытия

2.1. Тканевые покрытия

Тканевые горизонтальные покрытия подвешиваются над поверхностью воды и поддерживаются снаружи стальными тросами и столбами. Такие устройства используются для небольших водохранилищ размером менее 10 га [2].

Исследования были проведены в Австралии для оценки преимущества тканевых покрытий для хранения питьевой воды, как показано на рис. 3. Было установлено, что скорость испарения снижается примерно на 90%. Кроме того, улучшилось качество воды и снизились затраты на техническое обслуживание водоема, так как покрытия задерживают рост водных растений [6].



Рис. 3. Тканевый покрытие над Swifts Creek Storage, Австралия

2.2. Покрытие солнечными панелями.

Ожидается, что покрытие каналов солнечной фотоэлектрической системой значительно уменьшит испарение [7]. В 2014 году был запущен проект системы мощностью 10 МВт такого типа в Индии, которая была пионером в этой области. Система проложена над 3,6 км ирригационного канала Нармада в городе Вадодара и состоит из 33 816 солнечных панелей, как показано на Рис. 4. Эта система сэкономила 6 акров земли и около 9 миллионов литров воды в год. Дополнительным преимуществом является естественное охлаждение панелей, которое увеличивает эффективность солнечных батарей на 7% по сравнению с наземной установкой [8].

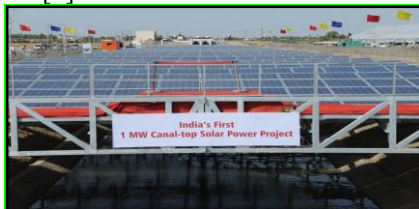


Рис. 4. Солнечные панели над оросительным каналом Норманда, Индия

3. Физический метод уменьшения испарения путем впрыскивания пузырьков воздуха в воду (пузырьковый шлейф)

Это эффективный метод уменьшения испарения в глубоководных водоемах, который также положительно влияет на качество воды, обогащая ее кислородом. Это один из самых экономичных способов снижения испарения, он используется в Южной Африке.

Принцип действия этого метода состоит в следующем. Летом вода поверхностного слоя глубиной 3-4 м сильно нагревается и, следовательно, становится менее плотной. Ниже этого слоя вода остается холодной и более плотной. Эти два слоя не перемешиваются, а разделены слоем температурного скачка (термоклина), который предотвращает смешивание глубокой холодной воды с поверхностной

теплой. Это явление называют термическим расслоением. В слое термоклина градиент температуры резко отличается от градиентов выше- и нижележащих слоев и достигает 8-10 градусов на 1 м по вертикали. Нарушение расслоения достигается путём инъекции воздушных пузырьков специальными устройствами (компрессорами, аэраторами), установленными на дне водоема (см. Рис.5).

Для достижения большего эффекта по уменьшению испарения необходимо, чтобы водохранилище имело достаточную глубину (более 18 м), имелся естественный термоклин и достаточная глубина слоя холодной воды. Предлагаемая система имеет дополнительные положительные свойства: улучшение общего качества воды в водохранилище и ниже плотины, сокращение эксплуатационных затрат на очистку воды, увеличение количества растворенного в воде кислорода на нижних уровнях водохранилища, а, следовательно, расширение среды обитания рыб, сокращение роста водорослей [9].

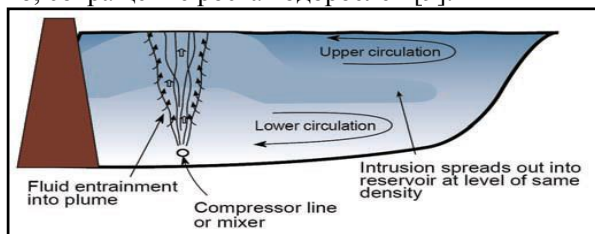


Рис. 5. Схема циркуляции воды, созданной путём искусственной дестратификации

4. Химические методы

Известно, что мономолекулярные плёнки некоторых поверхностно-активных веществ могут замедлять испарение воды. Это, по-видимому, одна из важных технологий сокращения испарительных потерь воды из открытых резервуаров. В России с середины XX века предлагались способы, предусматривающие искусственное покрытие водной поверхности объекта пленкой из жидкого вещества с низкими показателями теплоемкости, теплопроводности и высокими показателями поверхностного натяжения, с удельным весом, меньшим, чем удельный вес воды. В частности, в [10] предлагалось использовать маслянистую вязкую жидкость биологического или минерального происхождения (растительные масла или углеводородное сырье для необитаемых водоемов). Жидкость, вытекающая из специальных сосудов, размещенных в нескольких точках по периметру водоема, распределяется по поверхности водоема, в количестве, достаточном для покрытия всей площади водоема пленкой минимальной толщины.

В Австралии в лабораторных условиях были проведены исследования по определению оптимальных веществ, которые можно использовать для уменьшения испарения воды. Среди тестируемых поверхностно-активных веществ были биоразлагаемые жирные спирты с низким уровнем токсичности, которые показали наибольшую устойчивость к разрушению в воде при нагревании (гексадеканол и октадеканол). Первый полевой эксперимент был проведен в начале 50-х годов. Было получено снижение испарения на 30%, что вызвало интерес исследователей и правительств некоторых стран [11].

5. Биологические покрытия

Плавающие водные растения способны уменьшать испарение с водохранилищ за счет уменьшения нагревания воды, но при использовании растений необходимо учитывать воду, истраченную для транспирации. Исследования в Таиланде показали, что ряска может снизить испарение до 10% [12].

Пальмовые ветви, которые обычно доступны в засушливых регионах, можно использовать для покрытия водоемов. Исследование, проведенное в Саудовской Аравии, показало, что среднее снижение испарения при использовании плавающего покрытия, состоящего из пальмовых листьев, составило 58% для полностью покрытого бассейна [13].

ВЫВОДЫ

1. Физические методы уменьшения испарения позволяют экономить большой процент воды (между 70 и 95%), требуются большие капитальные затраты, но техническое обслуживание недорого, а химические методы уменьшения испарения экономят меньший процент воды (между 20-40%), не требуют больших капитальных затрат, но затраты на техническое обслуживание значительны.

2. Метод инъекции воздушных пузырьков в воду является самым эффективным методом уменьшения испарения в глубоководных водоемах (с глубиной более 18 м).

3. Покрытия плавающими водными растениями могут обеспечить значительное уменьшение объема испарения.

Вполне очевидно, что эффективность применения любого метода для уменьшения испарения увеличивается с ростом глубины водного объекта. Влияние площади поверхности должно быть наиболее заметно для химических способов защиты, так как под действием волн пленки разрушаются, а влияние ветра зависит от длины разгона. Кроме того, на разрушение пленки влияет температура воды. В дальнейшем предполагается разработать четкие критерии применения описанных выше методов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Babu P., Eikaas H. S., Price A., Verlee D.* Reduction of Evaporative Losses from Tropical Reservoirs using an Environmentally Safe Organic Monolayer. 2010. Proceeding of Conference of Singapore International Water Week, at Singapore.
2. *Craig I.P.* Loss of storage water due to evaporation – a literature review. 2005. NCEA publication, University of Southern Queensland, Australia.
3. *Baldwin H.* Assessment of Floating Hard Covers on Large Water Storages, Urban Water Security Research Alliance. 2010. Technical report № 27.
4. *Aminzadeh M., Lehmann P., and Or D.* Evaporation suppression and energy balance of water reservoirs covered with self-assembling floating elements // *Hydrology and earth system sciences*. 2018. № 22. С. 4015–4032.
5. *Kumar P.Vasantha, Kumar S.V.Naveen, Kumar P.Saravana, Subash S., Sivaraja M.* Reduction of Water Vapour by Using Shade Balls // *International Journal of Engineering and Techniques*. 2018. № 4, 2.
6. *Hunter K., Finn N., Barnes S.* The benefits of shadecloth covers for potable water storages. 2007. Proceeding of 70th Annual Water Industry Engineers and Operators' Conference Bendigo Exhibition Centre.
7. *Kougias I., Bódis K., Jäger-Waldau A., Moner-Girona M. Monforti-Ferrario F.* The potential of water infrastructure to accommodate solar PV systems in Mediterranean islands // *Solar Energy*. 2016. № 136. С. 174–182.
8. *Keya A.* Solar Plant A Top Irrigation Canal Impresses UN Chief. *India Climate Dialogue*. 2015 [электронный ресурс].
9. *Van Dijk M., Van Vuuren S.J.* Destratification induced by bubble plumes as a means to reduce evaporation from open impoundments // *African Journals Online*. 2009. № 35, 2.
10. Патент на изобретение. 1998. №: 2102560 /bankpatentov /ru>nodel 160735.
11. *Gugliotti M., Baptista M. S., Politi M. J.* Reduction of Evaporation of Natural Water Samples by Monomolecular Films // *Jornal of the Brazilian Chemical Society*. 2005. №16, 16A.
12. *Elba E.* Strategies for protection and sustainable environmental management or the Highest Aswan dam in Egypt considering climate change. 2017. disserta verlag, Hamburg, С. 36.
13. *Al-Hassoun S. A., Mohammed T. A., Nurdin J.* Evaporation Reduction from Impounding Reservoirs in Arid Areas Using PalmLeaves // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2009. №4. С.247-250.

Студент 4 курса 4 группы ИГЭС Р.В. Лукичев

Студент 4 курса 4 группы ИГЭС М.К. Складнев

Студент 4 курса 4 группы ИГЭС К.С. Черваков

Научный руководитель – доц., к-т техн. наук М.П. Саинов

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ И ПРОЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ГЕОМЕМБРАН ПРИ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования: Образцы геомембран из полиэтилена (ПЭ) и поливинилхлорида (ПВХ), используемых для устройства противοfiltrационных элементов.

Цели: Определение физико-механических свойств образцов полимерных геомембран из полиэтилена (ПЭ) и поливинилхлорида (ПВХ) – прочность на растяжение, модуль линейной деформации, коэффициент Пуассона.

Материалы и методы: Для проведения экспериментальных исследований использовалась методика, установленная в ГОСТ Р 53226-2008. Для испытания образцов полимерных геомембран использовалась современная разрывная машина, обладающая системой фиксации результатов экспериментов в реальном времени. По полученным значениям были вычислены необходимые нам параметры деформируемости и прочности материалов геомембран.

Результаты: Эксперименты выявили значительную растяжимость полимерных материалов, которая затрудняет достижения разрыва образца. Это потребовало уменьшения размеров образцов. Большую неточность в определении физико-механических свойств вносит значительное искажение формы образца в момент разрыва. По результатам испытаний и приближённых вычислений прочность образца из ПЭ на растяжение составила $15 \div 22$ МПа, в то время как у образца из ПВХ – около 28 МПа. Модуль деформации образцов является переменным, он уменьшается по мере роста напряжений. Модуль деформации ПЭ уменьшился с 2,1 ГПа до 150 МПа, а ПВХ – с 350 до 30 МПа.

Выводы: Таким образом, в условиях одноосного растяжения геомембраны из ПВХ являются более прочными и менее деформируемыми, чем геомембраны из ПЭ.

ВВЕДЕНИЕ

Геосинтетические изделия используются в гидротехническом строительстве около 50 лет [1,2]. В основном они применяются для борьбы с фильтрацией. Для гидроизоляции каналов и плотин

используются полимерные геомембраны, выполненные из пластика поливинилхлорида (ПВХ) или из полиэтилена (ПЭ).

Имеется ряд примеров использования полимерных геомембран и плёнок для устройства противофильтрационного элемента высоких грунтовых плотин. В этом случае полимерная геомембрана вынуждена воспринимать высокое давление. Условия работы противофильтрационного элемента из полимерной геомембраны осложняются высокими деформациями, присущими грунтовым плотинам. Соответственно, возникает потенциальная опасность разрыва геомембраны. Чтобы проектировать надёжные противофильтрационные устройства грунтовых плотин, необходимо знать их физико-механические свойства, характеризующие прочность и деформативную способность.

Несмотря на широкое применение полимерных геомембран в строительстве, их физико-механические свойства изучены недостаточно хорошо. Хорошо известно, что полимерные материалы способны к значительному удлинению без разрыва и имеют высокую прочность на растяжение. Однако конкретные значения показателей прочности и деформативной способности полимерных изделий остаются не известными. Производители геомембран в паспортах изделий указывают параметры, использование которых затруднительно. В качестве показателя прочности геомембраны используют предельное значение растягивающей силы, соответствующее разрыву геомембраны. Через данный показатель невозможно определить значение прочности материала на растяжение, т.к. неизвестна площадь поперечного сечения полимерной ленты при разрыве. Деформативную способность геомембраны характеризуют через относительное удлинение при разрыве.

Поэтому актуальным вопросом является исследование физико-механических свойств материалов геомембран, характеризующих их прочность и деформативную способность.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Нами был осуществлён поиск научно-технической информации об экспериментальных исследованиях физико-механических свойств полимерных геомембран. Был выявлен недостаток информации об их прочности и деформируемости. Результаты испытаний геомембран публикуются редко. Примерами могут служить [3-7].

Обзор выявил, что существует несколько способов испытаний образцов полимерных изделий.

Первый способ является нормативным, он установлен в ГОСТ Р 53226-2008 «Полотна нетканые. Методы определения

прочности». Этот способ предусматривает растяжение образца шириной 50 мм и рабочей длиной 100 мм в разрывной машине. Одним из важных недостатков этого способа является несоответствие условиям работы геомембраны в реальном сооружении. Узкий образец подвергается одноосному растяжению, имея возможность удлинения в продольном и укорачиванию (сужению) в поперечных направлениях.

Второй способ – «BurstTest» предусматривает растяжение геомембраны по двум осям за счёт её «надувания» боковым давлением [4-6]. Одним из недостатков данного способа является сложность фиксации величин напряжений и деформаций.

Третий способ (метод двухосного растяжения) заключается в растяжении квадратного образца геомембраны по двум осям с помощью специализированного оборудования [7].

Обзор показывает, что понятие прочности на растяжение для полимерных геомембран является довольно условным. Более правильно говорить о предельных растягивающих напряжениях, после достижения которых полимер начинается интенсивно удлиняться, но не разрушается. Однако для упрощения будем называть их прочностью.

По результатам предыдущих наших исследований [6], проведённых методом «надувания» было определено, что прочность на растяжения для геомембран из ПЭ составляет примерно 18 МПа, а из ПВХ – 7 МПа.

Китайские исследователи, проводившие испытания методом двухосного растяжения, получили для геомембран из ПВХ прочность равной 4÷6 МПа, а для геомембран из ПЭ – 10÷20 МПа [7].

Нами были выполнены экспериментальные исследования нескольких образцов геомембран из ПЭ и ПВХ по способу, установленному в ГОСТ, и произведено сравнение результатов с результатами, полученными другими авторами и/или другими методами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения экспериментов использовалась современная разрывная машина, установленная в МИСиС. Образец подвергался растягивающему усилию, возрастающему с постоянной скоростью. Она позволяет осуществлять записывать данные о результатах экспериментов в реальном времени. Однако эти данные не полные – фиксируется лишь растягивающая сила и удлинение образца. Поэтому производились дополнительные замеры геометрии образца с помощью микрометра.

Испытывались 3 образца геомембраны из ПЭ толщиной 1 мм, один образец из ПЭ толщиной 3 мм и 2 образца геомембраны из ПВХ

толщиной 3,75 мм. Часть из образцов (4) были стандартными, а часть – укороченными.

Испытания двух стандартных образцов геомембраны из ПЭ показали, что максимальное значение растягивающего усилия составляет около 1080 Н (рис.1). При этом удлинение составляет примерно 18÷19%. После достижения этих значений образцы сильно удлиняются без разрыва. Даже при удлинении более 500% разрыва достичь не удалось. Поэтому был испытан образец с рабочей длиной 50 мм.

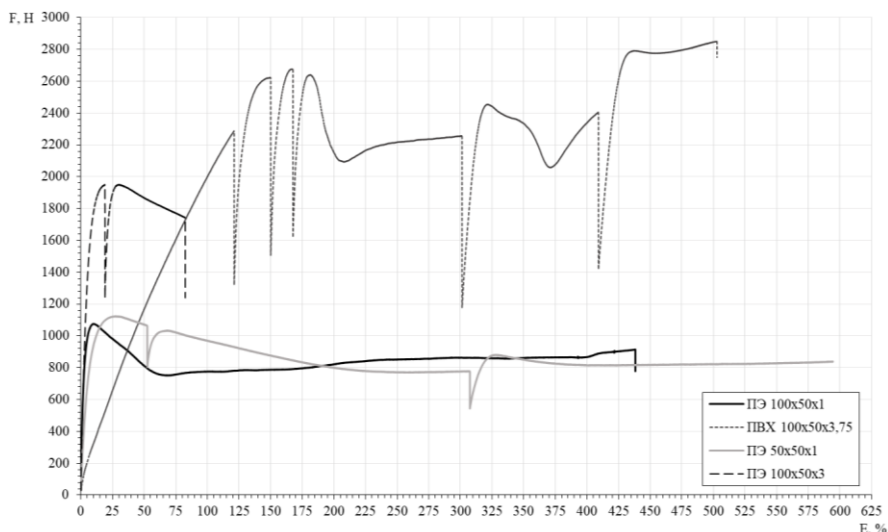


Рис. 1. Результаты испытаний образцов геомембран на одноосное растяжение

Испытания образцов геомембраны из ПВХ оказались более трудными, т.к. ПВХ более податливый материал. Кроме того, происходит «выскальзывание» образца из-под зажимов. Образец стандартной длины (100 мм) удлинился на 250% при усилии 2600 Н (рис. 1). Примерно также деформировался образец меньшей длины (50 мм). Был зафиксирован разрыв образца.

По полученным данным были вычислены параметры прочности и деформируемости образцов. Сложность вычислений заключается в том, что растянутый образец очень сильно изменяет свою форму, поэтому значения могут быть определены только приближённо.

Вычисления показали, что прочность геомембраны из ПЭ толщиной 1 мм составляет примерно 22 МПа, а толщиной 3 мм –

примерно 15 МПа. Эти значения примерно соответствуют полученным ранее в [6,7].

У ПВХ геомембраны изменение геометрических размеров происходило более интенсивно. Форма образца приобретает серпообразный вид. Замеры показали, что в месте разрыва ширина ленты уменьшилась с 50 мм до 33 мм, а толщина – с 3,75 мм до 2,78 мм. Таким образом, площадь поперечного сечения образца уменьшилась с 187 мм² до 92 мм². Приближённые вычисления показывают, что прочность геомембраны из ПВХ составляет примерно 29 МПа. Это значительно выше, чем при испытаниях другими методами [6,7].

Значения секущего модуля линейной деформации геомембран определялись для нескольких точек графика. Было выявлено, что по мере нагружения происходит значительное уменьшение модуля линейной деформации полимеров. Особенно интенсивно снижение модуля характерно для ПЭ. Секущий модуль линейной деформации образцов из ПЭ в процессе эксперимента снизился с 2100 МПа до 156 МПа. Секущий модуль линейной деформации образцов из ПВХ в процессе эксперимента снизился с 350 МПа до 32 МПа.

ВЫВОДЫ

По результатам экспериментов в условиях одноосного растяжения ПВХ является более предпочтительным материалом для противофильтрационных устройств грунтовых плотин. Прочность на растяжение образца из ПЭ оказалась ниже, чем у образца из ПВХ. При этом модуль линейной деформации образца из ПЭ почти в 5 раз больше, чем образца из ПВХ.

Однако следует отметить, что результаты испытания геомембран из ПЭ, проведённых разными методами, отличаются мало. В то время, как испытания геомембран из ПВХ при одноосном растяжении дают сильно завышенные результаты по прочности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Глаговский В.Б., Сольский С.В., Лопатина М.Г., Дубровская Н.В., Орлова Н.Л.* Геосинтетические материалы в гидротехническом строительстве // Гидротехническое строительство. 2014. №9. С.23-27.
2. *Зверев А.О., Саинов М.П.* Противофильтрационные элементы грунтовых плотин из геосинтетических материалов // Инновации и инвестиции. 2018. №1. С.202-210.
3. *Пастушков В.Г., Янковский Л.В.* Проектирование дорожной одежды над подземным сооружением торгового центра // Интернет-журнал «Науковедение». 2013. №5.

4. *Lafleur, J., and Marcotte, M.* Selection criteria for the use of geomembranes in dams and dikes in northern climate. International Conference on geomembranes. 1984. Denver. Pp.415–419.

5. *Steffen, H.* Report on two dimensional strain stress behaviour of geomembranes with and without friction. International Conference on geomembranes. 1984. Denver. Pp.181–185.

6. *Зверев А.О., Саинов М.П., Лукичев Р.В.* Результаты экспериментального исследования полимерных геомембран на двухосное растяжение // Вестник Евразийской науки. 2018. Том 10. №4

7. *Wu, H., Shu, Y., Jiang, X., Ren, Z.* Biaxial tensile mechanical property of geomembrane used as high membrane faced rockfill dam: key technology of high membrane faced rockfill dam (III). Advances in Science and Technology of Water Resources. 2015. No.35(1). Pp.16-22.

СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ ПРИЧАЛЬНОЙ СТЕНКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Введение. Современные строительные нормы предусматривают существенное увеличение сейсмических нагрузок на гидротехнические сооружения. В связи с этим даже в районах с низкой сейсмической активностью может возникать проблема обеспечения сейсмостойкости гидротехнических сооружений. Причальные стенки как правило, они не столь массивны, чтобы выдерживать сейсмические нагрузки. Поэтому в новых условиях актуальным вопросом является исследование сейсмостойкости причальных сооружений.

Предмет исследования. Причально - разделительная стенка высотой около 24 м, расположенная на нескальном основании. Рассматривалось 7-балльное землетрясение.

Цель. Оценка сейсмостойкости причальной стенки. Сравнение результатов расчёта сейсмостойкости сооружения по динамической и линейно-спектральной теории.

Материалы и методы. Расчёты напряженно-деформированного состояния при действии сейсмических сил проводились методом конечных элементов. Сейсмические нагрузки на сооружение определялись двумя способами – по линейно-спектральной теории (ЛСТ) и по динамической теории (ДТ). Для расчета сейсмических нагрузок определялись 30 низших частот и форм собственных колебаний сооружения совместно с массивом его основания. Направление сейсмического воздействия принималось горизонтальным. При расчете по ДТ сейсмическое воздействие задавалось в виде акселерограммы.

Результаты. Сейсмические силы на причальную стенку составили около четверти от веса сооружения. По ДТ сейсмические нагрузки оказались несколько ниже, чем по ЛСТ. Однако в обоих случаях под действием сейсмических сил стенка причала потеряет свою устойчивость.

Выводы. Для обеспечения сейсмостойкости необходимо изменить конструкцию причальной стенки и перераспределить её вес.

ВВЕДЕНИЕ

Новые строительные нормы [1] предусматривают существенное увеличение величин сейсмических нагрузок, которые должны

воспринимать гидротехнические сооружения. Поэтому даже в районах с низкой сейсмической активностью может возникать проблема обеспечения сейсмостойкости гидротехнических сооружений.

Особенно остро проявляется вопрос о сейсмостойкости причальных сооружений, т.к. они как правило не столь массивны. Вопрос об их сейсмостойкости является актуальным, т.к. изучен недостаточно. Мы провели расчетное исследование сейсмостойкости высокой причально-разделительной стенки (ПРС) шлюза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мы оценивали сейсмостойкость причального сооружения путем расчета его напряженно-деформированного состояния при действии сейсмических сил. Расчеты проводились методом конечных элементов, с использованием вычислительных программ, составленных к.т.н. М.П. Саиновым. Расчеты проводились в плоской постановке.

Рассматривалась ПРС высотой более 24 м. Конструкция расположена на бетонной фундаментной плите. Ширина фундаментной плиты составляет 15 м, ширина самой стенки – 5 м. ПРС имеет ячеистую конструкцию, в которой выполнены полости, заполненные песком. В нижней части ПРС выполнены сквозные отверстия.

Под фундаментной плитой ПРС залегают аллювиальные отложения толщиной 40 м, под которыми находится толща полускальных пород. Сверху залегают пески средней плотности, ниже – плотные пески, а еще глубже – пески высокой плотности. В нижней части аллювиального слоя располагается слой глины.

Общая последовательность выполнения расчетов была следующей:

- расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) сооружения и основания при статических нагрузках;
- расчет по определению форм собственных колебаний (ФСК);
- расчеты по определению сейсмических нагрузок на сооружение;
- расчет напряженно-деформированного состояния сооружения и основания при сейсмическом воздействии.

Сейсмические нагрузки на сооружение определялись двумя способами — по линейно-спектральной теории (ЛСТ) и по динамической теории (ДТ). Для расчета сейсмических нагрузок определялись 30 низших частот и форм собственных колебаний сооружения совместно с массивом его основания. При расчете по динамической теории сейсмическое воздействие задавалось в виде аналоговой акселерограммы (Рис.1). Направление сейсмического воздействия принималось горизонтальным.

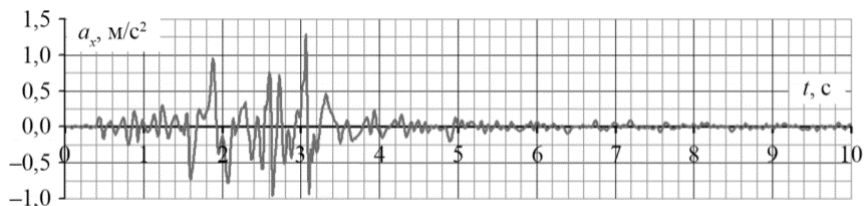


Рис. 1. Расчетная акселерограмма (в интервале времени от 0 до 10 с)

Для бетона модуль линейной деформации принимался равным 29000 МПа. Для песков основания статический модуль линейной деформации принимался равным от 27 МПа до 44 МПа, динамический модуль – от 195 до 416 МПа. Для глины статический модуль был принят равным 43 МПа, динамический – 1540 МПа.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Расчет НДС сооружения при статических нагрузках (от собственного веса сооружения и гидростатического давления) проводился с помощью вычислительной программы Nds_N [2]. Результаты расчета НДС сооружения при статических нагрузках представлены на рис.2. Расчетная осадка сооружения составляет 10 см. Напряжения в ПРС очень малы. Исключением является фундаментная плита. Из-за взаимодействующая с нескальным основанием происходит изгиб фундаментной плиты, ее нижняя часть испытывает растяжение в горизонтальном направлении, в то время как верхняя часть – сжатие. Сжимающие напряжения в фундаментной плите достигают 2,6 МПа, а растягивающие – 1,5 МПа (рис.2). Такие напряжения могут быть восприняты бетоном при надлежащем армировании.

Далее были определены 30 низших ФСК. Для определения форм и частот собственных колебаний использовался метод итераций подпространства. Наличие в расчетной области воды учитывалось в виде присоединенной массы.

Частоты ФСК была получена в диапазоне от 2 Гц до 11 Гц.

По частотам и ФСК были определены ускорения сооружения при землетрясении. По ЛСТ определялись максимальные величины ускорений. По ДТ ускорения последовательно определялись на каждый из расчётных моментов времени. На рис.3 показано сравнение максимальных значений горизонтальных ускорений сооружения, полученных по ДТ и ЛСТ. По ДТ сейсмические нагрузки оказались ниже, чем по ЛСТ. Стало понятно, что сейсмические силы на причальную стенку будут достигать около четверти от веса сооружения.

Максимальное ускорение на гребне ПРС при расчёте по ДТ составило 0,32g, при расчёте по ДТ – 0,40g (g – ускорение свободного падения).

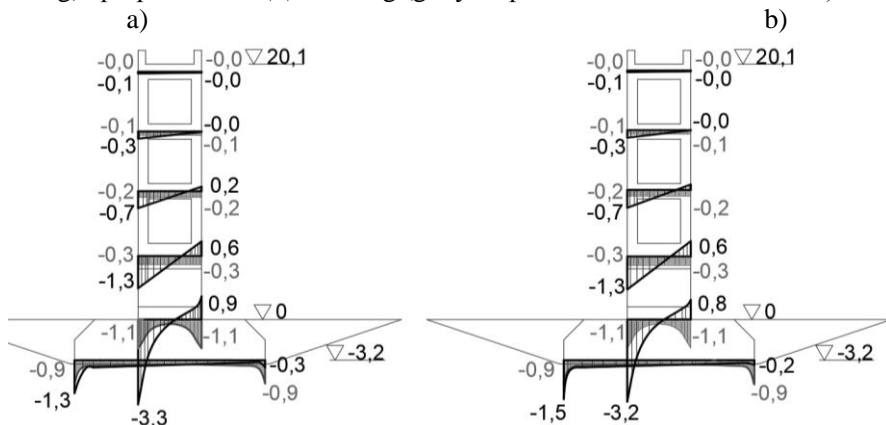


Рис. 2. Напряжения в сооружении при статических и сейсмических нагрузках

a – напряжения по динамической теории; *b* – напряжения по линейно-спектральной теории. Закрашенные эпюры соответствуют случаю восприятия только статических сил.

По известным сейсмическим силам производился расчёт НДС сооружения. При использовании ЛСТ нагрузки прикладывались как статические. При расчёте по ДТ рассматривались пульсации напряжений во времени.

Однако, качественно результаты расчета НДС причального сооружения, полученные разными способами, оказались близки (рис.2).

Более подробно результаты исследования изложены в [3].

Самым важным результатом расчёта явилось то, что под действием высоких сейсмических сил при 7-балльном землетрясении причальная стенка потеряет свою устойчивость. Кроме того, в нижней части возникают высокие растягивающие напряжения в вертикальном направлении (рис.2).

Для обеспечения устойчивости сооружения можно предложить следующие способы:

- 1) облегчение верхней части ПРС, отказавшись от засыпки верхних полостей балластом, чтобы уменьшить сейсмические нагрузки;
- 2) объединение ПРС и фундаментной плиты в монолитную конструкцию, связав их арматурным каркасом.

Второй способ наиболее эффективен, так как он увеличивает площадь опорной поверхности.

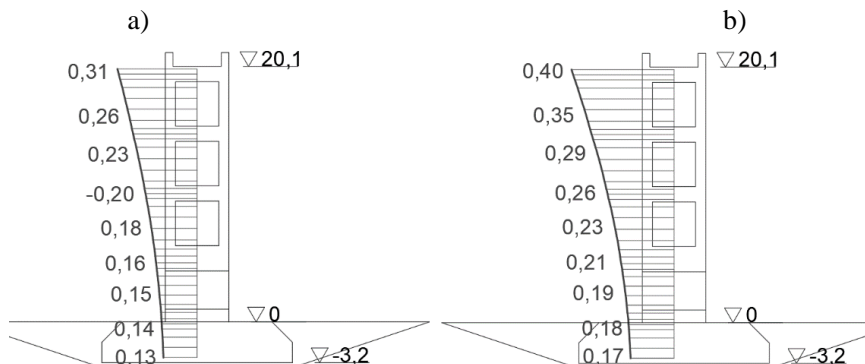


Рис. 3. Максимальные по величине ускорения в сооружении при землетрясении силой 7 баллов (в долях от g): а – по динамической теории; б – по линейно-спектральной теории.

ВЫВОДЫ

1. При расчетной сейсмичности семь баллов в рассматриваемом причальном сооружении сейсмические нагрузки оказались настолько большими, что угрожают ему потерей устойчивости, следовательно, нужно проверять сейсмостойкость подобных сооружений даже в сейсмически малоопасных районах строительства.

2. Причальные сооружения не являются настолько массивными, чтобы сохранить устойчивость при сейсмических нагрузках. Для обеспечения устойчивости рекомендуется выполнять причальные стенки монолитными, едиными в совокупности с фундаментной плитой.

3. Сейсмические нагрузки на сооружение, которые были определены по динамической теории, оказались примерно на четверть меньше, чем по линейно-спектральной теории. Однако это никак не сказалось на сейсмостойкости сооружения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах.
2. Саинов М.П. Вычислительная программа по расчету напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин: опыт создания, методики и алгоритмы // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2013. Т.9. №4. С. 208–225.
3. Есиновский В.А., Саинов М.П., Зайцев Б.А., Филиппов С.А. Сейсмостойкость причальной стенки по результатам численного моделирования // Строительство: наука и образование. 2018. Т.8. Вып.4. Ст.2. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2018.4.2

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕНИЙ В ГЕОМЕМБРАНЕ ПРИ ПЕРЕКРЫТИИ НЕРОВНОСТЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования: Геомембраны из полиэтилена (ПЭ) и поливинилхлорида (ПВХ), используемые для устройства противофильтрационных устройств (ПФУ) должны гарантировать свою целостность.

Цель: Оценить растягивающие напряжения в геомембране, опирающейся на неровную поверхность. размера пустот в грунте основания, прогиба и толщины самой геомембраны.

Материалы и методы: Исследования растягивающих напряжений в геомембране проводились с помощью метода теоретического анализа.

Результаты: Уменьшение толщины геомембраны приводит к росту напряжений в ней. При толщине мембраны в 0,6 мм напряжения близки к предельным, что может привести к нарушению целостности мембраны.

Выводы: ПФУ из полимерных материалов можно рассматривать как альтернативу традиционным ПФУ, но необходимо учитывать деформационные характеристики геомембран, особенно при проектировании высоконапорных плотин.

ВВЕДЕНИЕ

Геомембранные композиты уже давно применяются в качестве противофильтрационных устройств в плотинах и дамбах [1,2]. В качестве примера можно назвать плотину Xiaolingtou с противофильтрационным элементом из геотекстильного/геомембранного композита [3]. В отечественной практике гидротехнического строительства примером плотины с диафрагмой из полимерных материалов может служить Ат-Башинская плотина в Киргизии, которая была возведена в 1970-х годах.

Как правило, такие геосинтетические изделия укладываются на поверхность, которые имеют некоторые неровности. При восприятии давления происходит продавливание мембраны во впадины неровностей, существует опасность прокола мембраны. На раннем этапе использовались тонкие полимерные плёнки толщиной 0,1÷0,6 мм, для которых прокол представлял серьёзную опасность. Сейчас в гидротехническом строительстве используются геомембраны

выполняться толщиной от 2 до 6 мм, из-за чего вероятность её прокола почти исключена.

Геомембраны могут деформироваться под давлением воды и частиц грунта в сводах пустот грунта основания.

Тем не менее, при проектировании противодиффузионных устройств грунтовых плотин считается, что основную опасность для их целостности несут неровности. Для выравнивания поверхности под противодиффузионный элемент укладывают слой песка. Тем не менее, возможны случаи, когда участок мембраны, опираясь на большие неровности, должен воспринимать гидростатическое давление. Например, это случай, когда геомембрана перекрывает шов в напорной поверхности бетонной плотины или каменно-набросной плотины с железобетонным экраном.

Наша задача – определить растягивающие напряжения, возникающие в мембране, расположенной в зазоре шириной b при восприятии давления p .

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Аналізу напряжений, возникающих в геомембране при деформациях по неровной поверхности посвящена в работе [3]. В ней же приведена формула для определения напряжений в мембране, известная из теории оболочек. В данной работе были даны рекомендации к расчету прочности геомембраны и подбору размеров частиц переходного слоя. В частности, установлено, что слишком маленький размер грунта основания геомембраны может привести к несовместимым градиентам основного и переходного материала.

В ней приведены также лабораторные испытания геотекстильного/геомембранного композита.

Для оценки прочности геомембраны на растяжение необходимо знать их физико-механические свойства – прочность на растяжение и модуль линейной деформации (модуль упругости). Данному вопросу посвящены ряд работ, в частности [4]. Установлено, что ПЭ является более прочным, но и одновременно более жёстким материалом, чем пластифицированный ПВХ. Для ПЭ прочность на растяжение составляет около 18 МПа, а для ПВХ – около 7 МПа [4]. Модуль деформации ПЭ находится в пределах от 400 до 1000 МПа, в то время как у ПВХ составляет лишь около 60 МПа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Решение задачи осуществлялось приближённым способом. На рис.1 показана принятая расчётная схема. Принимается, что стенки зазора шириной b – жёсткие и не позволяют мембране смещаться. В этом

случае на участке зазора под действием давления мембрана принимает сферическую форму.

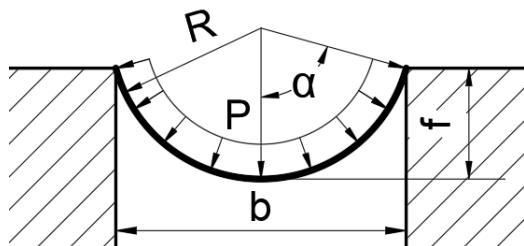


Рис. 1. Расчетная схема для определения напряжений в геомембране

Для решения поставленной задачи нами были использованы уравнения из теории оболочек. В соответствии с этими уравнениями, кривизна мембраны зависит от величины давления, рельефа поверхности грунта основания, а также модуля деформации её материала. Согласно теории оболочек, деформированная форма геомембраны становится симметричной криволинейной поверхностью при равномерном нормальном давлении.

Связь между растягивающим напряжением σ в мембране и нормальным давлением P в упрощенном виде определяется следующим уравнением:

$$\sigma = \frac{\Delta P}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \quad (1)$$

где R_1 и R_2 – радиусы кривизны мембраны в двух ортогональных направлениях,

ΔP – разность давлений на противоположных сторонах мембраны.

Если размеры по длине и ширине пустотных отверстий в материале поддержки имеют один и тот же порядок величины, а изогнутые поверхности композита являются осесимметричными, то эту проблему можно рассматривать как трехмерную задачу. В этом случае радиус кривизны упрощается до $R_1 = R_2 = R$, и уравнение 2 можно переписать как:

$$\sigma = \frac{b}{8} \left(\frac{2f}{b} + \frac{b}{2f} \right) \Delta P \quad (2)$$

где: b – ширина свода пустоты в грунте основания; f – максимальный прогиб.

Соответственно радиус искривления может быть вычислен по формуле.

$$R = \frac{b}{8} \left(\frac{4f^2 + b^2}{bf} \right) \quad (3)$$

$$\cos \alpha = 1 - \frac{f}{R} \quad (4)$$

где α – угол между радиусом кривизны и нормалью к диафрагме

$$\sin \alpha = \frac{0,5 \cdot b}{R} \quad (5)$$

Относительное удлинение ε мембраны можно найти через первоначальную и конечную длины мембраны.

$$\varepsilon = 1 - \frac{b}{\alpha \cdot R} \quad (6)$$

Через закон Гука можно определить возникающие в мембране напряжения.

$$\sigma = E\varepsilon \quad (7)$$

где E – модуль упругости материала.

Давление, вызывающее данный прогиб и напряжения в мембране определить по формуле.

$$P = \frac{2}{R \cdot t \cdot \sigma} \quad (8)$$

где t – толщина геомембраны.

Задаваясь различными значениями прогибов, можно найти вызывающие его давление.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассматривались два вида геомембраны: из поливинилхлорида (ПВХ) и полиэтилена (ПЭ). Размеры пустот принимались равными 5 и 10 мм. Модули упругости были приняты равными: для ПВХ – 60 МПа и для ПЭ – 500 МПа. Рассматривались 2 варианта толщины мембраны: 0,6 и 2 мм.

Прогибы мембраны задавались произвольно.

Результаты расчета представлены на рисунках 2 и 3.

При одной и той же нагрузке растягивающие напряжения, возникающие в диафрагме из ПЭ в два раза выше, чем напряжения в диафрагме из ПВХ.

Уменьшение толщины геомембраны приводит к росту напряжений в ней. Например, при давлении $P=1$ МПа напряжения в геомембране толщиной 0,6 мм примерно в 2,2-2,3 раза больше, чем в геомембране толщиной 2 мм. Можно сказать, что напряжения в геомембране нельзя считать обратно пропорциональными её толщине.

Если сравнить полученные напряжения с прочностью полимеров на растяжение, можно заметить следующее. При толщине мембран

0,6 мм в ней возникают высокие растягивающие напряжения, сопоставимые с прочностью полимеров на растяжение. Например, при давлении $p=1$ МПа в мембране из ПВХ напряжения составляют $3\div 6$ МПа, что приближается к прочности ПВХ при одноосном растяжении (рис.2). В геомембране из ПЭ напряжения составляют от 7 до 10 МПа, что меньше прочности ПЭ примерно в 2 раза.

При толщине мембраны 2 мм растягивающие напряжения много меньше, чем прочность полимеров (рис.3), опасность прокола отсутствует.

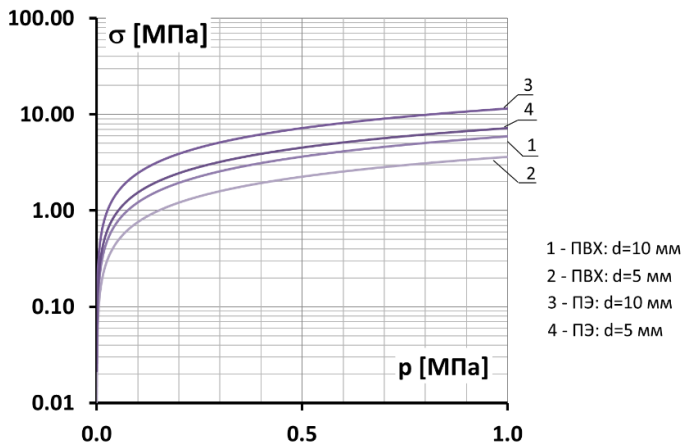


Рис. 2. График зависимости растягивающих напряжений от нагрузки при толщине геомембраны 0,6 мм

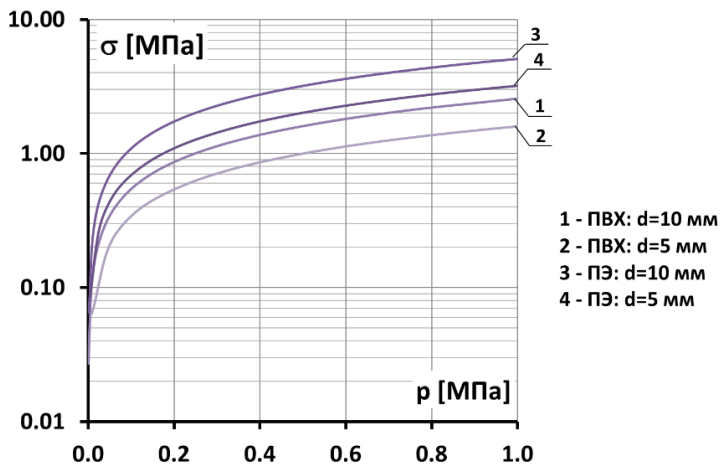


Рис. 3. График зависимости растягивающих напряжений от нагрузки при толщине геомембраны 2 мм

ВЫВОДЫ

1. При проектировании высоконапорных плотин с ПФУ из полимерных материалов нужно тщательно подбирать зерновой состав опорного слоя мембраны, так как при перекрытии больших пор растягивающие напряжения в мембране могут достигать значительных величин.

2. В современных геомембранах, имеющих толщину в несколько миллиметров, опасность прокола практически сведена к 0. В тонких плёнках растягивающие напряжения, возникающие при перекрытии пор, сопоставимы с прочностью мембраны на растяжение.

3. При перекрытии одного и того же отверстия, в мембранах из ПВХ возникают растягивающие напряжения меньшей величины, чем в мембране из ПЭ. Тем не менее, в сопоставлении с прочностью возникающие растягивающие напряжения представляют для мембран из ПЭ меньшую опасность, чем для мембран их ПВХ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глаговский В.Б., Сольский С.В., Лопатина М.Г., Дубровская Н.В., Орлова Н.Л. Геосинтетические материалы в гидротехническом строительстве // Гидротехническое строительство. 2014. №9. С.23-27.

2. Зверев А.О., Саинов М.П. Противофильтрационные элементы грунтовых плотин из геосинтетических материалов // Инновации и инвестиции. 2018. №1. С.202-210.

3. Tao, T., Yan, J., Tao, X., Fu, F. and Zhou, H. Application of Geotextile/Geomembrane Composite Liner for Infiltration Prevention in Xiaolingtou Rock-fill Dam // Geosynthetics International.1996. Vol.3. No.1. Pp.125-136.

4. Зверев А.О., Саинов М.П., Лукичев Р.В. Результаты экспериментального исследования полимерных геомембран на двухосное растяжение // Вестник Евразийской науки. 2018. Том 10. №4.

Студент 4 курса 4 группы ИГЭС Д.В. Королев

Студент 4 курса 4 группы ИГЭС М.С. Тихонов

Научный руководитель – доц., к-т техн. наук М.П. Саинов

ОЦЕНКА МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ КАМЕННОЙ НАБРОСКИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЕФОРМАЦИЙ ПЛОТИН

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования. Предметом исследования являются каменно-набросные плотины с железобетонным экраном – один из самых перспективных типов грунтовых плотин.

Цели. Определение модуля линейной деформации каменной наброски в теле плотины, определяющие напряжённо-деформированное состояние железобетонного экрана.

Материалы и методы. В статье выполнен анализ результатов натуральных измерений осадок и смещений каменно-набросных плотин с железобетонным экраном, выполненных разными авторами. Для оценки модуля деформации каменной наброски использовались приближённые формулы, полученные аналитическим путём. Осуществлялось сравнение перемещений, полученных расчётом и с помощью натуральных измерений.

Результаты. Результатом исследований является семейство графиков по определению максимальных величин осадок плотин и прогибов железобетонного экрана.

Выводы. Было выявлено, что модуль деформации каменной наброски изменяется в широких пределах. При восприятии гидростатического давления модуль деформации каменной наброски выше, чем при восприятии собственного веса плотины.

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент наиболее перспективным типом грунтовых плотин являются каменно-набросные плотины с железобетонным экраном [1], т.к. эти плотины могут применяться при самых разнообразных условиях строительства. Однако у плотин этого типа есть существенный недостаток – их противодиффузионный элемент недостаточно надёжен. Имеются примеры нарушения целостности железобетонного экрана ряда плотин [2-6].

Для выявления причин этих аварийных ситуаций необходимо изучение напряжённо-деформированного состояния (НДС) каменно-набросных плотин с железобетонным экраном. Основным фактором, определяющим НДС этих плотин, является деформируемость каменной наброски. Поэтому для проектирования актуальным вопросом является

разработка рекомендаций по назначению модуля деформации каменной наброски.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Используются несколько способов определения параметров деформируемости каменной наброски.

Первый способ – это экспериментальные лабораторные исследования образцов грунта. Такие исследования проводятся с помощью крупномасштабных приборов. Это исследования Marsal [7], Marachi [8], Linero [9] и других. В [10] проведён анализ результатов экспериментальных исследований и получены параметры деформируемости каменной наброски. По ним были вычислены осадки реальных грунтовых плотин. В [11] было проведено их сравнение с осадками, измеренными в натуральных условиях на реальных плотинах [12-13]. Сравнение показало, что деформируемость каменной наброски в реальных условиях существенно ниже, чем по результатам лабораторных испытаний.

Поэтому применяется второй способ – «back-analysis» или обратный анализ. Он заключается в определении деформативных характеристик грунта тела плотины путём подбора из условия соответствия расчётных перемещений плотины натурным. Примерами могут служить исследования [14-16], которые были проведены с помощью численного моделирования.

Возможен и более простой способ, который состоит в обработке результатов натуральных измерений. Примером могут служить работы [2,13,17]. Этим способом воспользовались и мы. Результаты изложены в [18].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методика определения деформативных характеристик каменной наброски заключается в следующем. На основе законов механики грунтов составляются приближённые формулы для определения перемещений плотины, в состав которых входит модуль линейной деформации грунта. Pinto, Marques, Hunter около 20 лет назад предложили расчётные способы определения осадок гребня плотины и максимальных прогибов железобетонного экрана [2, 13]. Они получили широкое распространение для анализа условий формирования НДС плотины, т.к. увязаны с данными натуральных наблюдений. Нами использованы похожие, но усовершенствованные формулы, которые приведены в [11,19]. Использовались натурные данные, приведённые в [12,13].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Предложенные аналитические способы основаны на простейших, приближённых расчётных схемах работы плотины (рис.1). Принимается, что перемещения точек плотины зависят только от сжимаемости ниже расположенного отсека грунта. Вывод расчётных формул осуществляется на основе использования базовых законов механики сплошного деформируемого тела.

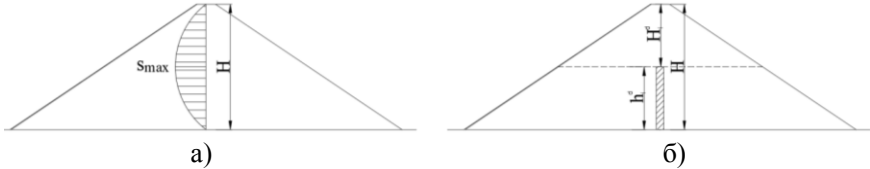


Рис. 1. Расчетные схемы для определения осадок плотины

Осадка плотины в i -той точке может быть определена по формуле:

$$s = \varepsilon \cdot h_i^d,$$

где ε – относительная линейная деформация;

h_i^d – высота сжимаемого слоя плотины под i -той точкой.

Зная, что:

$$\varepsilon = \frac{\sigma_i}{E_v},$$

$$\sigma_i = \gamma \cdot H_i^d,$$

где σ_i – напряжение от собственного веса плотины в i -той точке;

E_v – модуль линейной деформации грунта тела плотины в вертикальном направлении;

γ – удельный вес грунта тела плотины;

H_i^d – высота плотины над рассматриваемой i -той точкой.

Тогда формула максимальной осадки плотины принимает вид:

$$s = \frac{\gamma \cdot H_i^d \cdot h_i^d}{E_v}.$$

Принимая во внимание то, что максимальные строительные осадки наблюдаются в центре плотины, следовательно, получаем выражение для определения величины максимальной осадки плотины:

$$s_{\max} = \frac{\gamma \cdot H^2}{4 \cdot E_y}$$

Если осадка плотины происходит под действием собственного веса, то прогиб железобетонного экрана происходит под действием гидростатического давления воды (рис.2).

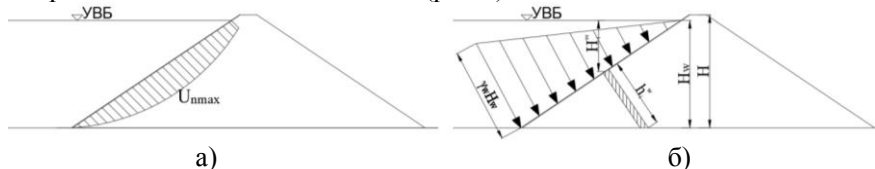


Рис. 2. Расчетные схемы для определения прогибов железобетонного экрана

Поэтому формула прогиба i -той точки железобетонного экрана выглядит следующим образом:

$$U_n = \varepsilon \cdot h_i^d,$$

где ε – относительные деформации;

h_i^w – толщина сжимаемого слоя плотины под i -той точкой.

Так как:

$$\varepsilon = \frac{\sigma_i}{E_t},$$

$$\sigma_i = \gamma_w \cdot H_i^d,$$

где σ_i – напряжение в i -той точке;

E_t – модуль линейной деформации грунта тела плотины в наклонном направлении;

γ_w – удельный вес воды;

H_i^w – глубина воды над рассматриваемой i -той точкой.

Тогда формула прогиба железобетонного экрана принимает вид:

$$U_n = \frac{\gamma_w \cdot H_i^d \cdot h_i^d}{E_t}.$$

На основе данной формулы можно получить формулу для приближённой оценки максимальных прогибов железобетонного экрана. Она была предложена Pinto, Marques [2]:

$$U_n^{\max} = \frac{0,003 \cdot H^2}{E_t},$$

где H – высота плотины.

Следует учитывать возможность бокового расширения грунта, поэтому в правую часть следует добавить коэффициент $0,8 \div 0,85$ [13, 19]. Так же в работе [19] Саиновым М.П. была получена более точная формула для определения максимального прогиба железобетонного экрана:

$$U_n^{\max} = \frac{\gamma_w \cdot H^2 \cdot \beta}{E \cdot m} \cdot \frac{\sqrt{1+m^2}}{4},$$

где E – модуль линейной деформации грунта тела плотины;

β – коэффициент бокового расширения грунта тела плотины;

m – заложение верхового откоса грунтовой плотины.

В работах [12,13] приведены данных натуральных измерений за максимальными осадками ряда плотин и максимальными прогибами их железобетонного экрана. На рис.3 приведена зависимость величин перемещений ряда плотин в зависимости от их высоты.

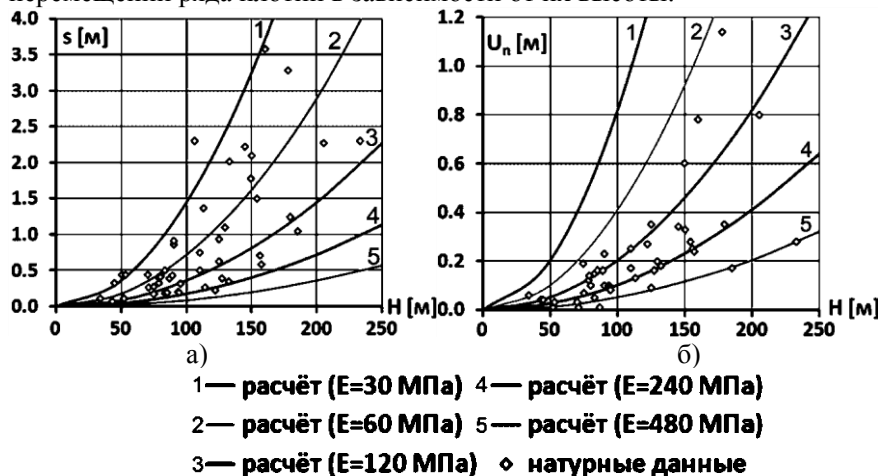


Рис. 3. Натурные и расчётные данные по определению максимальных осадок плотины (а) и максимальных прогибов железобетонного экрана (б)

Нами задавались различные значения модуля линейной деформации (30,60,120,240,480 МПа) и по формулам высчитывали максимальные осадки плотины и максимальные прогибы

железобетонного экрана. Были построены графики зависимости расчётных перемещений от высоты. Затем проводилось сравнение расчётных величин с натурными.

Натурные осадки соответствуют модулю линейной деформации каменной наброски от 20 до 250 МПа (рис.3а). Натурные прогибы железобетонного экрана соответствуют модулю линейной деформации каменной наброски от 60 до 500 МПа (рис.3б).

ВЫВОДЫ

Проанализировав полученные данные, можно сделать два основных вывода:

1) Модуль линейной деформации каменной наброски изменяется в широких пределах – в разных плотинах она может отличаться на порядок;

2) При восприятии гидростатического давления модуль линейной деформации каменной наброски существенно ниже, чем при восприятии собственного веса. Этот факт объясняется нелинейным характером её деформируемости. При расчетах НДС плотины рекомендуют принимать $E_t > E_v$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радченко В.Г., Глазовский В.Б., Кассирова Н.А., Курнева Е.В., Дружинин М.А. Современное научное обоснование строительства каменнонабросных плотин с железобетонными экранами // Гидротехническое строительство. 2004. №3. С.2–8
2. Pinto, N.L.S., Marques, F.P. Estimating the maximum face deflection in CFRDs // International Journal on Hydropower and Dams. 1998. Vol.5. No.6. Pp.28–31
3. Xavier, L.V., Albertoni, S.C., Pereira R.F., Antunes J. Campos Novos dam during second impounding // The International Journal on Hydropower & Dams. 2008. No.15. Pp.53–58.
4. Johannesson, P., Tohlang, S.L. Lessons learned from Mohale // The International Water Power & Dam Construction. 2007. Vol.59. Issue 8. pp.16-18+20-22+24-25
5. Ma, H.Q., Cao K.M. Key technical problems of extra-high concrete faced rock-fill dam // Science in China. Series E: Technological Sciences. 2007. Vol.50(1). Pp.20–33
6. Freitas, M.S.Jr. Concepts on CFRDs Leakage Control – Cases and Current Experiences // ISSMGE Bulletin. 2009. Vol.3. Issue 4. Pp.11–18.
7. Marsal, R.J. Large Scale Testing of Rockfill Materials // Journal of Soil Mechanics and Foundations Division. ASCE. 1967. No.93(2). Pp.27-43

8. *Marachi N.D., Chan C.K., Seed H.B.* Evaluation of properties of rockfill materials // *Journal of Soil Mechanics and Foundation Engineering*. ASCE. 1972. No.98(1). Pp.95-114.

9. *Linero S., Palma C., Apablaza R.* Geotechnical characterization of waste material in very high dumps with large-scale triaxial testing. *Proceedings, International Symposium on Rock Slope Stability in Open Pit Mining and Civil Engineering*. Perth, Australia. 2007. Pp.59-76.

10. *Саинов М.П.* Параметры деформируемости крупнообломочных грунтов в теле грунтовых плотин // *Строительство: наука и образование*. 2014. Вып.2. Ст.2. URL: <http://www.nso-journal.ru>

11. *Саинов М.П.* Полуэмпирическая формула для оценки осадок однородных грунтовых плотин // *Приволжский научный журнал*. 2014. №3(31). С.108–115

12. *Park, H.G., Kim, Y.-S., Seo, M.-W., Lim, H.-D.* Settlement Behavior Characteristics of CFRD in Construction Period. Case of Daegok Dam // *Journal of the Korean Geotechnical Society*. September 2005. Vol.21. No.7. Pp.91–105.

13. *Wen L., Chai J., Xu Z., Qin Y., Li Y. Junrui C.* A statistical review of the behaviour of concrete face rockfill dams based on case histories. A statistical review of the behaviour of concrete-face rockfill dams based on case histories // *Géotechnique*. 2018. Vol.68. No.9. Pp.749–771

14. *Wang, M., Huang, B., Chen, Q., Pan, J.* Long-term deformation properties of the highest Shuibuya concrete faced rock-fill dam. *ShuiliFadianXuebao / Journal of Hydroelectric Engineering*. 2010. No.29(4). Pp.167-172+206

15. *Zhao K., Li G., Shen Z.* Back analysis of field monitoring data of Tianshengqiao CFRD. *Journal Nanjing Hydro Res Institute*. 2002(4). Pp.15–9. [in Chinese].

16. *Shen Z., Zhao K.* Back analysis of creep deformation of rockfill dams // *Journal of Hydraulic Engineering*. 1998. No.6. Pp.1–6

17. *Hunter, G., Fell, R.* Rockfill modulus and settlement of concrete face rockfill dams // *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. 2003. Vol.129. No.10. Pp.909–917

18. *Сорока В.Б., Саинов М.П., Королев Д.В.* Каменно-набросные плотины с железобетонным экраном: опыт исследований напряженно-деформированного состояния // *Вестник МГСУ*. 2019. Том 14. Выпуск 2. С.60-79. DOI: 10.22227/1997-0935.2019. 2. p1, 2.

19. *Саинов М.П.* Приближенная расчетная схема работы железобетонного экрана каменно-набросной плотины // *Научное обозрение*. 2016. №18. С.18–22.

ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДЫГЕЙСКОЙ ГЭС НА КРАСНОДАРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования: Адыгейская ГЭС мощностью 80 МВт, устраиваемая в составе напорного фронта действующего Кубанского водохранилища. При компоновке и выборе конструкций сооружений ГЭС возникают ряд сложностей, связанных с вписыванием ГЭС в действующих сооружений.

Цели: Целью работы является выбор технически осуществимого и эффективного варианта сооружений ГЭС.

Материалы и методы: Для разработки проекта использовались материалы изысканий и данные о существующих сооружениях, предоставленные проектной организацией.

Результаты: Разработаны технические решения сооружений Адыгейской ГЭС для одного из основных вариантов компоновки. Предусмотрены мероприятия по сохранению напорного фронта и сохранению движения по федеральной автотрассе.

Выводы: Рассмотренный вариант компоновки сооружений Адыгейской ГЭС может быть реализован на практике.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одним из рациональных и эффективных путей гидроэнергетики является обустройство гидроэлектростанций (в т.ч. малых) на существующих гидроузлах. В частности, рассматривается возможность использования энергетического потенциала полезного пуща и холостых сбросов Краснодарского водохранилища. Краснодарское водохранилище на реке Кубань является крупнейшим водохранилищем на Северном Кавказе. Его полный объем составляет 2,35-2,39 км³ [1,2].

На данном водохранилище планируется устроить Адыгейскую ГЭС установленной мощностью 80 МВт [2]. Эффективность строительства Адыгейской ГЭС обусловлена тем, что для её создания не потребуется строительства новых водоподпорных и водопропускных сооружений, т.к. эти сооружения уже более 40 лет успешно эксплуатируются в составе Краснодарского гидроузла. Помимо выработки электроэнергии создание Адыгейской ГЭС позволит повысить надежность работы Краснодарского гидроузла при пропуске паводковых расходов благодаря появлению дополнительного

водопропускного сооружения в виде здания ГЭС, а также создаст условия для улучшения работы местной энергосистемы [2].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Проектирование сооружений Адыгейской ГЭС осуществляет ОАО «Мособлгидропроект». Основные сооружения ГЭС предполагается разместить в северной части плотины Краснодарского водохранилища в районе примыкания к г. Краснодар. В этой же зоне уже находятся бетонная водосливная плотина с рыбоподъёмником, а также судоходный шлюз. Одним из основных вопросов проектирования Адыгейской ГЭС является выбор наиболее рациональной схемы её компоновки, в которой ГЭС не будет мешать работе других сооружений. Вопрос о размещении ГЭС осложняется тем, что с низовой стороны от земляной плотины проходит автомобильного дорога федерального значения М-4 «Дон».

Рассматривается 2 варианта размещения сооружений ГЭС: «Северный» (ПК 123) и «Южный» (ПК 108). В «Южном» варианте размещения ГЭС и водосбросная плотина имеют общий нижний бьеф. В «Северном» варианте нижним бьефом ГЭС будет служить старое русло реки Кубань. Нами был рассмотрен «Северный» вариант.

Необходимо также решить технические вопросы, связанные с организацией строительства ГЭС. Одной из основных проблем является необходимость разборки действующей земляной плотины, являющейся сооружением первого класса, для подвода воды к зданию ГЭС. Проблема устройства перемычки осложняется высоким уровнем наносов (толщиной около 3м), отложившихся в водохранилище.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проектирование сооружений Адыгейской ГЭС осуществлялось нами в соответствии с действующими нормативами на основе исходных данных, представленных проектной организацией (ОАО «Мособлгидропроект»).

В первую очередь были изучены исходные данные для проектирования – информация о Кубанском водохранилище, о действующих сооружениях гидроузла.

Кубанское водохранилище осуществляет сезонное регулирование стока, она выравнивает сток реки Кубань в течение года. Среднегодовое годовое сток реки Кубань в створе гидроузла составляет $13,5 \text{ км}^3$, он не снижается ниже $9,93 \text{ км}^3$.

Объём водохранилища существенно меньше объёма годового стока. За время эксплуатации водохранилища произошло изменение его технических параметров. Из-за заиления водохранилища и переработки берегов НПУ водохранилища был снижен с 33,65 м до 32,75, а УМО

повышен с 25,55м до 25,85м. В связи с изменениями уровней уменьшился полезный объём водохранилища – с 2,2 до 1,6 км³.

Согласно диспетчерскому графику уровни водохранилища изменяются в течение года от 31-32,75 м в марте-июне до 25÷26 м в сентябре-декабре. При регулировании высокого стока (пропуске половодий и паводков) уровень водохранилища может повышаться до ФПУ 35,15 м и даже выше (1980 г.), однако основной целью форсировки уровня явилось не перераспределение паводковых вод, а увеличение гарантий водопотребления.

Опыт эксплуатации Кубанского водохранилища показал, что для него характерен сложный волновой режим. Наблюдались волны высотой до 1,95 м при скорости ветра ниже нормативной (20 м/с).

Основным водоподпорным сооружением является земляная плотина длиной 11,4 км, из них около 200 м в составе напорного фронта занимают бетонные сооружения. Высота плотины на пойме составляет до 16 м, в русле – до 21м.

Плотина – однородная, она намыта из песка и имеет наклонный дренаж. Её основанием служит слой аллювия, под которым залегает слой неогеновых глин.

Водосбросным сооружением является бетонная водосливная плотина, имеющая 5 пролётов шириной 10 м. Водослив оборудован затворами высотой 12 м. Отметка порога составляет. Сопряжение бьефов осуществляется гидравлическим прыжком в водобойном колодце глубиной 2,8 м. Водосливная плотина рассчитана на пропуск при НПУ расхода 1550 м³/с. Максимальный расход половодья 0,1%-ной обеспеченности составляет 2830 м³/с по проекту и 3420 м³/с фактически.

В составе водосливной плотины предусмотрен рыбоход.

В составе гидроузла устроен судоходный шлюз, однако в связи со слабым развитием судоходства он не используется.

Все перечисленные выше бетонные сооружения (водосливная плотина с рыбоходом и судоходный шлюз) расположены в северной части створа. В южной части расположен водозабор для снабжения водой потребителей, расположенных в нижнем бьефе.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В результате работ запроектировано здание ГЭС, выбрана компоновка постоянных и временных сооружений.

Здание ГЭС запроектировано простого типа в составе 3 вертикальных агрегатов. Мощность каждого агрегата составляет 27,2 МВт. Каждый из агрегатов оборудован турбиной ПЛ20 с диаметром рабочего колеса 6,2 м.

Высотное положение агрегатного блока по условиям отсутствия кавитации в гидротурбине. Рабочее колесо турбины заглублено под минимальный нижний бьеф, равный 15,70 м.

Проточная часть агрегатного блока здания ГЭС состоит из водоприемника, железобетонной спиральной камеры трапециевидного сечения и изогнутой отсасывающей трубы. Размеры агрегатных блоков определяются размерами спиральной камеры и отсасывающей трубы. Ширина блока составляет 21 м. Суммарная пропускная способность здания ГЭС составляет 654 м³/с. Для пропуска такого расхода требуется устройство подводящего канала к зданию ГЭС шириной 63 м.

Учитывая трассы федеральной автодороги, здание ГЭС было расположено нами чуть ниже створа плотины. При этом подводящий канал прорезает тело земляной плотины. Таким образом, здание проектируемой ГЭС входит в состав водоподпорных сооружений Краснодарского гидроузла.

Возведение здания гидроэлектростанции предполагается под защитой земляной перемычки, выдвинутой в сторону верхнего бьефа. В этом случае перемычка на своём участке будет выполнять функции водоподпорного сооружения, и в соответствии с СП 58.13330.2012 она должна быть отнесена к 3 классу.

Максимальная строительная высота перемычки может достигать 37,8 м. Условия работы земляной перемычки более сложные, чем у основной плотины. Это объясняется несколькими факторами. Во-первых, основанием перемычки будут являться рыхлые наносы водохранилища. Во-вторых, перемычка должна быть возведена без опорожнения водохранилища. Нами было принято, что строительство перемычки должно осуществляться в период осенне-зимней межени, когда уровень водохранилища опускается на 6,9 м (от НПУ 32,75м до УМО 25,85м). В этом случае нижняя часть перемычки будет отсыпаться в воду, а верхняя насухо. Это позволяет устроить на верховом откосе перемычки капитальное крепление против волн. Расчёты показали, что ветровые волны 1%-ой обеспеченности при расчётном шторме могут достигать 2,4 м. При таких волнах крепление может быть выполнено только из железобетонных плит.

Из-за опасности развития фильтрационных деформаций в теле и основании плотины в теле земляной перемычки было рекомендовано устроить противофильтрационный элемент в виде шпунта (металлического или композитного).

Монтажная площадка здания ГЭС размещена на левом берегу. Уровень монтажной площадки находится выше уровня пола агрегатного блока, поэтому высота машзала определялась из условия

проноса оборудования над полом монтажной площадки. Под монтажной площадкой расположены 4 этажа технических помещений.

Были рассмотрены 2 варианта компоновки сооружений ГЭС – условно называемых «Северный» и «Южный».

В северном варианте здание ГЭС располагается рядом водосливной плотиной и имеет общий с ней нижний бьеф. В южном варианте площадка расположения здания ГЭС приурочена к старому руслу реки Кубань. Нами рассматривался этот вариант как основной.

Для расположения повышающих трансформаторов была выбрана площадка на правом берегу у торца здания ГЭС. Данный выбор был обусловлен малым числом рабочих агрегатов.

Основные сооружения ГЭС пересекают существующую федеральную трассу М4 «Дон», поэтому для обеспечения автодорожного движения конструкция здания ГЭС предусматривает устройство моста. Мост проходит с низовой стороны от машинного зала здания ГЭС. Общая ширина моста – 26 м. Высота моста определялась из условия расположения под ним козлового крана, необходимого для манипуляций с ремонтными шандорами на выходе из отсасывающих труб.

Для обеспечения движения автотранспорта в период возведения здания ГЭС в глубоком котловане, было предложено проложить временную автодорогу по гребню низовой перемычки. Другим из возможных вариантов устройства объездной дороги является использование существующего моста над старым руслом реки Кубань. Однако на данный момент этот мост признан аварийным и используется только в качестве пешеходного, для возможности использования для движения автотранспорта потребуется его реконструкция.

Ещё одной проблемой проектирования Адыгейской ГЭС является необходимость обеспечения рыбохозяйственных требований. Река Кубань относится к высшей категории водных объектов рыбохозяйственного значения. Устройство ГЭС в старом русле реки Кубань изменит течение реки, и рыба направится не к рыбопропускному сооружению, а к зданию ГЭС. В этом случае необходимо устройство рыбонаправляющих сооружений и дополнительных рыбохозяйственных мероприятий.

ВЫВОДЫ

1. Устройство на Краснодарском водохранилище Адыгейской ГЭС будет способствовать повышению безопасности его водосбросных сооружений, подача в нижний бьеф дополнительных расходов улучшит условия сопряжения бьефов при маневрировании затворами.

2. Проектирование ГЭС в составе действующего гидроузла имеет свои особенности, которые заключаются в наличии дополнительных

ограничений как в выборе компоновки и конструкции сооружений, так и в технологии возведения.

3. Рассмотренный вариант компоновки сооружений Адыгейской ГЭС, имея свои преимущества и недостатки, технически осуществим и ничем не уступает основному варианту компоновки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Симонян Д.А., Гончаренко А.Д., Пономаренко В.П. Краснодарское водохранилище - "Стройка века" // Евразийский союз ученых. 2015. № 4-11(13). С.149-151.

2. Игнатченко М.К. Приплотинная Адыгейская ГЭС в составе Краснодарского гидроузла // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2010. № 44. С. 68-70.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ ТЭС В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования: изучение технологических решений газотурбинных установок, обеспечивающих высокоэффективную работу ТЭС в условиях Крайнего Севера. Одной из важнейших проблем является отсутствие каких-либо требований и рекомендаций к проектированию силовых установок для ТЭС, а с отсутствием полностью отечественных газотурбинных аналогов, в условиях нестабильной политической ситуации, эта проблема приобретает статус стратегической.

Цель работы: сравнительный анализ и выбор на основе технико-экономического обоснования наиболее эффективного и экономичного иностранного технологического решения для тепловой электростанции в условиях Крайнего Севера.

Использованы методы: отбор и анализ различных вариантов технологических решений силовых установок с применением методов математической статистики. Изучены технологические характеристики представленных на рынке ГТУ от иностранных производителей, выполнены расчеты коэффициентов эффективности, рассчитаны экономические показатели и определены дальнейшие пути решения рассматриваемой проблемы.

Результаты работы показали, что наиболее эффективным решением для ТЭС на Крайнем Севере станут малогабаритные турбины от компании General Electric, ввиду их широкой распространённости, относительной дешевизны, наличию запасных комплектующих и отсутствия необходимости модернизации для холодных температур. Данное решение успешно реализовано на части отечественных ТЭС.

Выводы по результатам работы могут быть использованы в качестве памятки проектировщикам раздела ТМО для ТЭС, находящихся в условиях Крайнего Севера, а также выбора типовой силовой установки.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно политике развития государства до 2035 года, на Севере Российской Федерации планируется строительство десятка крупных предприятий по добыче и переработке нефти и газа, металлов, а также

полярного кварца, необходимого в сфере радиоэлектроники. Такое развитие предполагает огромные затраты электроэнергии и строительных ресурсов. Как следствие, на Севере должны появиться новые электростанции, что смогут обеспечивать потребности будущих предприятий и вахтовых городков-спутников не только в электричестве, но и в тепле.

Для районов Крайнего Севера характерны следующие условия:

- Продолжительный зимний период от 180 до 305 суток;
- Низкие отрицательные температуры от -45°C до -60°C ;
- Сильные штормовые ветра, достигающие 30-40 м/с;
- Вечномерзлые грунты и наличие деятельного слоя.
- Сильные и продолжительные метели с большим обилием снега, вызывающие снежные заносы высотой до 15 метров.

Для надёжной работы тепловой электростанции (далее ТЭС) в описанных выше условиях необходимо не только подобрать правильную технологию строительства и материалы, но и ключевое электрогенерирующее технологическое оборудование. Тепломеханическое оборудование (далее ТМО), составляет внушительную часть нагрузки на фундаменты главных корпусов будущих ТЭС, влияет на размеры здания в плане и рациональную компоновку внутренних помещений.

Под заданные условия подходит технология, использующая газотурбинные установки (далее ГТУ). Обусловлено это следующими факторами:

- Малая металлоёмкость и габариты установок;
- Отсутствует необходимость строить паровой котёл, конденсатор и градирню;
- Автономная работа в регионах без источников воды и коммуникаций.
- Высокий уровень автоматизации, минимизирующий человеческое присутствие.

Но в России с этими технологиями есть ряд проблем, которые существенно влияют на подбор необходимых ГТУ. Так, в стране отсутствует нормативно-правовая база, которая ставит жёсткие рамки на проектирование и использование силовых установок в различных климатических и природных условиях. Также, в РФ, за редким исключением, не производятся полностью отечественные ГТУ. А ввиду санкций западных стран, иностранные производители неохотно соглашаются продавать свои продукты.

Целью настоящей работы является: сравнительный анализ и выбор на основе технико-экономического обоснования наиболее эффективного

и экономичного иностранного технологического решения для тепловой электростанции в условиях Крайнего Севера.

В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие задачи:

- Поиск технологических решений силовых установок для тепловых электростанций, которые будут поставляться в регионы Крайнего Севера.

- Анализ преимуществ и недостатков этих технологических решений с точки зрения показателей надежности, параметров эксплуатационных качеств и экономических характеристик с выбором оптимального варианта.

- Формирование краткого перечня рекомендаций по использованию силовых установок в условиях Крайнего Севера.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В представленной работе проанализированы труды отечественных и зарубежных ученых, а также инженеров в области тепломеханического оборудования, станкостроения, и энергетики (Кондратьев С. И., Аксенов О. А., Федотов А. И., Делков А.В., Мелкозёров М.Г., Поршаков Б.П., Апостолов А.А., Хойзинберг К., Виттко Э.).

В качестве основного силового оборудования на тепловых электростанциях приняты иностранные турбины. Наибольшее распространение получили силовые установки фирм «General Electric» (США) и «Siemens» (Германия), поскольку они хорошо себя зарекомендовали с точки зрения возможностей по ремонту и последующей модернизации. Немаловажным фактом является и то, что часть комплектующих для этих турбин может производиться в России. В нашей стране есть опыт использования и другого оборудования – от фирм «Mitsubishi Electric» (Япония), «Allison Engine Company» (США) и отечественного ОАО «ОДК-Газовые турбины» [1-5]. Однако оборудование данных фирм не получило широкого распространения на территории России. В связи с этим в работе рассмотрена возможность применения силовых установок только от производителей «General Electric» и «Siemens» в заданных условиях региона строительства, а именно – низкие температуры, труднодоступность ключевых транспортных артерий и ремонтпригодность [6-10].

Следует отметить, что несмотря на важность данной темы в перспективах развития и строительства новых предприятий в условиях Крайнего Севера, исследования по этой теме практически не нашли своего отражения ни в научных публикациях, ни в действующей нормативно-правовой базе. В связи с этим проведение комплексного анализа возможности применения иностранного оборудования,

изначально не спроектированного под наши условия, с последующей разработкой типовых строительных решений для заданного региона и выработкой технологических рекомендаций по применению силовых установок является актуальной.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для решения поставленных в работе задач и достижения цели, были изучены и проанализированы данные, полученные в ходе поиска статистических данных и технических характеристик силовых установок. На их основе в дальнейшем были выполнены работы по подбору технологического оборудования.

Для получения корректной информации была применена следующая методика:

1. Поиск аналогичных проектов, построенных в условиях, схожих с Крайним Севером.
2. Поиск моделей турбин от разных производителей, подходящих для проекта-аналога.
3. Анализ технической документации представленных силовых установок.
4. Сравнение представленных вариантов по экономическим и конструктивным характеристикам, а также показателям эксплуатационной надежности.
5. Выбор оптимальной силовой установки согласно проведённой работе.
6. Анализ выходных данных для проектирования площадки строительства исходя из масса-габаритных параметров.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно анализу мировых производителей силового оборудования, а также их продуктов, в категории от 40 МВт, были выбраны следующие технологические решения:

- LM6000PF/ LM6000PC/ LM6000PG (General Electric)
- SGT-800 / SGT5-2000E (Siemens)
- GT8C2 (Alstom Power)

При детальном рассмотрении каждой из них, была составлена сравнительная таблица, охватывающая различные показатели, в том числе и готовность производителя поставлять свои турбины.

Табл. 1. Технико-экономические показатели силовых установок.

Характеристики	Ед. изм.	«General Electric»	«Siemens»	«Alstom Power»
Модель турбины		LM6000PF	SGT-800	GT8C2
1. Технологические параметры силовой установки				
Мощность ГТУ	МВт	42,3	45,0	57,2
КПД привода	%	40,8	37,0	34,7
Расход топлива на номинальном режиме	кг/ч	7405	8358	11855
Работа на двух видах топлива	-	да	да	да
Содержание тепла в уходящих газах	Гкал/ч	41,8	51,3	74,4
Температура на выходе из двигателя	°С	450	546	511
Выбросы NOx(15%, O2)	мг/нм3	50	50	50
2. Экономические показатели. (Стоимости указаны из реалит 2016 года. Являются приблизительными, поскольку информация была получена из закрытых источников)				
Покупка газотурбинной установки.	Тыс. \$	4 200	4 500	4 300
Покупка всего комплекса ГТУ (на 200 МВт)	Тыс. \$	52 000	56 000	54 000
Модернизация и плановое ТО от 10 лет (на 1 турбину)	Тыс. \$	16 000	22 000	24 000
Затраты на доставку оборудования поездом.	Тыс. руб.	14 500	18 000	16 000
Затраты на монтаж (1 ГТУ)	Тыс. руб.	80 000	100 000	95 000
3. Масса-габаритные параметры.				
Масса	т	8	14	21
Длина	м	4,91	14,55	7,8
Ширина	м	2,159	4,80	3,20
4. Технологические особенности и отношение производителя.				
Модель турбины	LM6000PF	SGT-800	GT8C2	
Ремонтопригодность	Высокая, большая распространённость сервисных центров и	Ниже среднего. Детали изготавливают	Ниже среднего. Детали могут быть заменены аналогами.	

	комплектующих на рынке	ся под заказ. Ремонт только специалистам и «Сименс»	Ремонт могут осуществлять сторонние организации. Малая распространённость в РФ
Возможности модернизации по повышению мощностей	Минимальны, поскольку турбина используется более 30 лет и практически исчерпала свой модернизационный ресурс	Есть возможность повышения мощности турбины на 30%, с заменой половины оригинальной турбины	Ресурс увеличения мощности на 20%. Но по сравнению с турбиной Сименс, это более трудоёмкий процесс
Модернизация для работы в суровых условиях.	Не требует существенных изменений	Работают до - 50 ⁰ , далее требуют улучшение теплоотвода и утеплителя	Требуют значительных изменений
Отношение компаний к бизнесу в России после введения санкций	Компания «General Electric», несмотря на введённые в отношении РФ санкций, готова поставлять газотурбинное оборудование на взаимовыгодных условиях. Серьёзного влияния на бизнес не оказало.	Компания «Siemens» приостановила поставки своих ГТУ на территорию РФ после скандала с двумя турбинами для Крымской ТЭС. На текущий момент компания закрывает прежние контракты и о новых пока не объявлено.	Компания «Alstom Power» с 2014 года вошла в состав концерна Alstom-Siemens, но в отличие от компании Сименс, продолжает работать в РФ без ограничений. Более того, она заключила несколько контрактов на поставку ГТУ на ремонтируемые ТЭЦ.

Таким образом, проанализировав все доступные данные об эксплуатации, стоимости, преимуществах и недостатках, а также отношении компаний после введения санкций, самой оптимальной

установкой является **LM6000PF** от компании «**General Electric**». Обладая наибольшим КПД при наименьшем расходе топлива, данная турбина зарекомендовала себя как надежное и экономичное оборудование, установленное на энергетических объектах в России и имеющее развёрнутую сеть сервисного обслуживания на Российском рынке.

ВЫВОДЫ

1. На основании рассмотренных нескольких газотурбинных установок в одном диапазоне мощностей от разных производителей с учетом сложных природно-климатических условий районов Крайнего Севера, ключевыми параметрами, определяющими наиболее эффективную силовую установку, являются:

- Отношение КПД установки к её расходу топлива;
- Затраты на дополнительную модернизацию;
- Позиция компании по вопросу антироссийских санкций;
- Доступность комплектующих.

2. На основании выполненного в работе анализа, самой оптимальной установкой является **LM6000PF** от компании «**General Electric**», как обладающая наибольшим КПД при наименьшем расходе топлива, наибольшей надежностью и экономичностью из установленных на энергетических объектах в России и как имеющее развёрнутую сеть сервисного обслуживания на Российском рынке.

3. С учетом особенностей выбранной турбины можно выделить, в дополнение к вышеописанным, следующие обобщённые рекомендации для подбора оборудования:

- Компактность габаритов ГТУ;
- Относительно малый вес при большой мощности;
- Минимальные затраты на модернизацию ГТУ под условия Крайнего Севера;
- Высокая ремонтпригодность;
- Наличие постоянного запаса комплектующих.

Выбор установки, удовлетворяющей заданным параметрам поможет в будущем избежать проблем с эксплуатацией станции и позволит ей непрерывно работать.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Gas Turbine World» 2016 GTW Handbook, V. 32.
2. Андрущенко А.И., Николаев Ю.Е., Сизов С.В. Повышение эффективности систем теплофикации при совместной работе районных ТЭЦ, котельных и малых ТЭЦ //Промышленная энергетика. 2008. № 10 С. 19-22.

3. Сизов С.В. Эффективность использования ГТУ в системе энергоснабжения //Материалы VI Международной научно-практической конференции. Пенза, 2005. С. 14-18.
4. Сизов С.В., Николаев Ю.Е. Выбор количества устанавливаемых ГТУ на малой ТЭЦ //Сборник материалов пятой российской научно -технической конференции "Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности". Ульяновск: УлГТУ, 2006. С. 14-15.
5. Аксенов А. О. Особенности выбора и условий работы тепловых электростанций на базе газотурбинных энергетических установок совместно с системами промышленного электроснабжения. Диссертация на соискание канд. техн. Наук. Казань, 2005. 159 с.
6. Б.П. Поршаков, А.А. Апостолов, В.И. Никишин. Газотурбинные установки: - М: ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. 240 с.
7. Ахмедзянов Д. А., Ямалиев Р. Р., Каменский А. И. Особенности использования газотурбинных установок в качестве источника электроэнергии и тепла // Молодой ученый. 2010. №9. С. 52-54.
8. Делков А.В., Мелкозеров М.Г. Проблемы и перспективы создания установок резервного электроснабжения на базе газотурбинных двигателей // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2010. №6. С. 80-81.
9. Хойзинберг К., Виттко Э. Увеличение мощности паротурбинных электростанций на природном топливе за счет перехода на комбинированный цикл // Siemens Power Journal. 1996. С. 10-13.
10. More than 60% efficiency by combining advanced gas turbines and conventional steam power plants // ABB Review. 1997. №3. С. 3-15.

НЕКОТОРЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ И ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗДАНИЙ ИЗ CLT-ПАНЕЛЕЙ

АННОТАЦИЯ

Исследованы свойства CLT-панелей, технология их производства и использования в зданиях и сооружениях различного назначения. Целью исследования является оценка преимуществ CLT-панелей, который является перспективным материалом, способным замещать в некоторых случаях железобетон. Рассмотрены некоторые конструктивные и планировочные решения материала на примерах реализованных проектов.

Выявлены основные преимущества возведения зданий и сооружений по данной технологии.

За последние пять лет здания из CLT-панелей строятся во многих европейских странах. Особенно эта технология развита в Австрии, Финляндии и Швеции. Это связано с тем, что CLT-панели являются экологически чистой альтернативой многим строительным материалам, в особенности железобетону. Кроме того, материал обладает рядом свойств, которые позволяют использовать его в зданиях различного назначения - в жилых, общественных и административных. Отличительной чертой такого строительства является архитектурное разнообразие форм, экологичность и высокая эффективность используемых ресурсов. Основными преимуществами технологии является легкость получаемой конструкции, ее быстровозводимость и простота монтажа элементов.

Исследования CLT-панелей ведется уже долгое время. Результатом этой работы является открытие уникальных особенностей этого материала. Так в работах Ибрагима Амерханова (Россия) рассмотрены основные особенности технологии CLT. Проведен анализ существующей расчетной модели и выведены основные соотношения упругих свойств клееной древесины. Исследованы прочностные характеристики клееной древесины при различных направлениях действующих сил по отношению к слоям и волокнам. Частично проведен анализ проблемы внедрения технологии CLT в России. Но основной проблемой в данном вопросе является разработка стандарта на материал и технологию. Этот вопрос поднимается в исследованиях Карла Грассера (США), который в своей работе «Развитие перекрестно-склеенной древесины в Соединенных Штатах Америки» рассматривает вопросы производства CLT-панелей в Америке и адаптацию американского

стандарта ANSI/APA 320 на данную технологию. В России же пока невозможно применение вышеуказанной технологии, ввиду отсутствия испытаний конструкций, проработанной нормативной документации и практики применения в массовом жилищном строительстве.

Рассмотрим в чем заключаются основные особенности этого материала. CLT (англ. Cross-Laminated Timber) — это деревянная панель, изготовленная из склеенных между собой слоев сплошного пиломатериала. Панели производятся из слоев высушенных пород древесины. Направление волокон каждого слоя располагается под 90° относительно предыдущего слоя. Эти слои склеиваются высокоадгезивным, не содержащим формальдегида клеем. Клей наносится по всей поверхности слоя и по стыкам досок. Затем слои прессуются под давлением 580 кПа. Панели могут состоять из трех и более слоев. Количество слоев обычно нечетное. Во внутренних слоях допускается использовать древесину более низких сортов. Таким образом достигается высокая стабильность геометрических размеров изделий на весь период эксплуатации строения. Промышленное производство панелей повышает огнестойкость и сейсмостойкость конструкций за счет устройства технологически просчитанных и испытанных стыков между конструкциями. Подробнее рассмотрим ключевые соединения CLT-панелей.

При монтаже панелей на бетонное основание применяется Г-образная крепежная пластина, устанавливаемая с заданным шагом по всей длине панели. Перед монтажом на основание клеится универсальная низкоусадочная лента, применяющееся для звуко- и теплоизоляции (рис. 1).

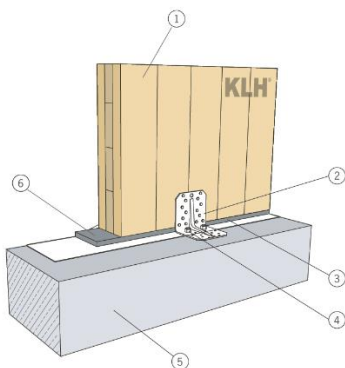


Рис. 1. Узел примыкания стеновой панели к фундаменту с помощью Г-образной крепежной пластины: 1- внешняя стеновая панель; 2 - Г-образная крепежная пластина; 3,6 - низкоусадочная лента; 4 - крепежные анкеры; 5 - фундаментная плита.

Последующие этажи также устраиваются путем стыковки панелей с помощью крепежных пластин. Для придания дополнительная конструктивной жесткости применяются косые или прямые анкеры (рис. 2) [1].

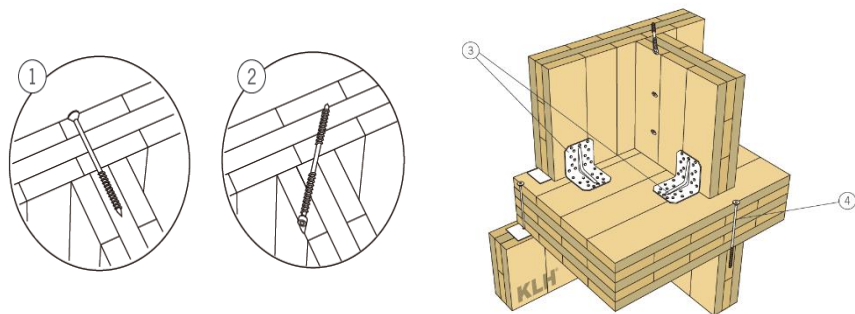


Рис. 2. Узел примыкания стеновых панелей к плите перекрытия: 1 - крепежный анкер (прямой способ крепления снаружи здания); 2 - крепежный анкер (косой способ крепления внутри здания); 3 - Г-образные крепежные пластины; 4 - крепежный анкер.

Для устройства скатных кровель используется косой стык панелей, либо с перехлестом, либо с подрезкой:

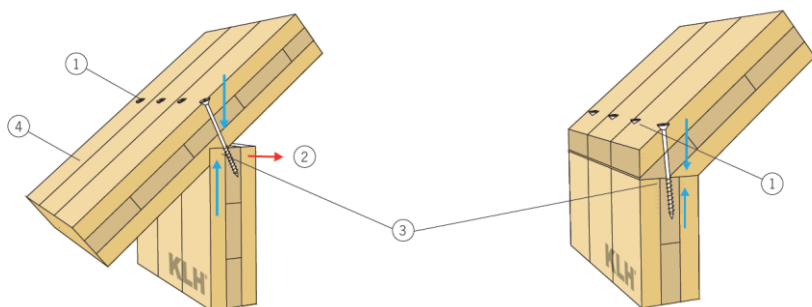


Рис. 3. Узел стыковки стеновых панелей с и без свеса: 1 - крепежные анкеры(прямые); 2 - стеновая панель (несущая); 3 - крепежные анкеры(косые); 4 - стеновая панель (стыкуемая).

В качестве примеров рассмотрим несколько зданий, построенных с применением технологии CLT. Первым в списке будет известный 9-ти этажный жилой дом «The Stadthaus», построенный в Лондоне по технологии компании «KLH» в 2009 году (рис.4). Спроектированное архитектурным бюро «WAUGH THISTLETON ARCHITECTS», здание получило множество наград (RIBA President's Award for Research 2009) [2]. Примечательным является то, что здание полностью состоит из CLT-панелей, в том числе и лифтовая шахта, что является уникальным для европейских строений.

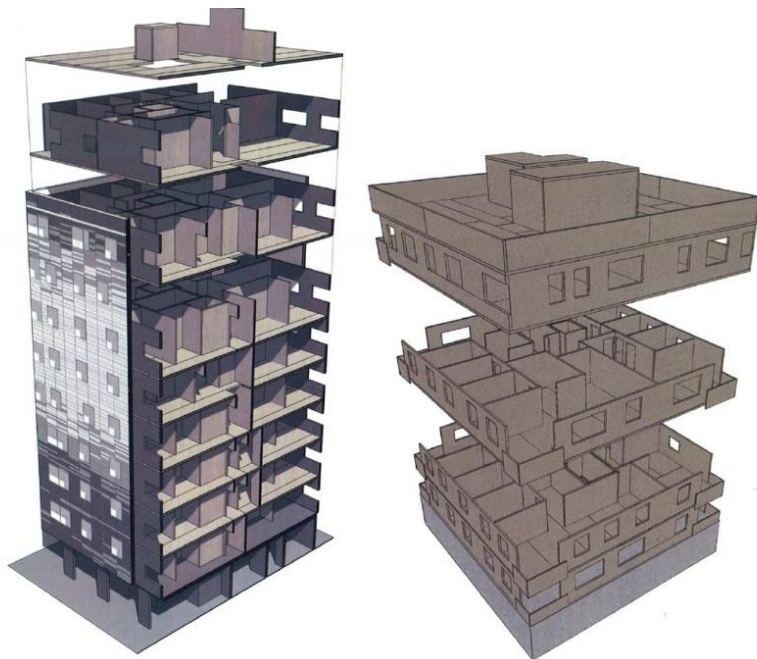


Рис.4. «The Stadthaus». Конструктивная схема.

Планировка здания подразумевает наличие 4-х квартир на этаже (рис.5).

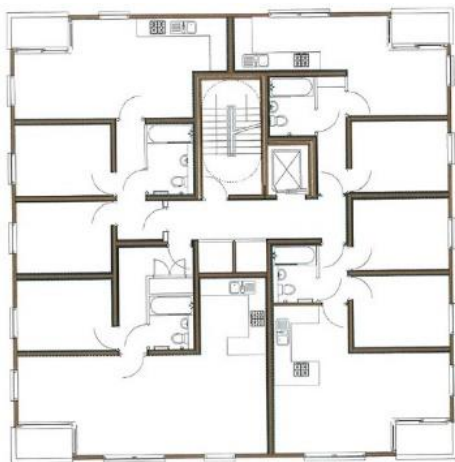


Рис.5. «The Stadthaus». Планировочная схема.

«Curtain place» также является уникальным в своем роде строением, поскольку совмещает в себе несущий металлический каркас, состоящий из колонн круглого сечения с шагом 6 метров и двутавровых перфорированных балок и дополнен самонесущими CLT-панелями, выполняющими функции перекрытий, перегородок и ограждающих конструкций. (рис. 6).



Рис.6. «Curtain place». Конструктивная схема.

Это шестиэтажное здание построено в 2015 году в Лондоне и эксплуатируется как жилые апартаменты и офис. В нем много свободного пространства и терраса [3]. Бюджет строительства составил

4.1 миллиона фунтов стерлингов, а срок возведения 2 месяца. Это говорит о том, что технология позволяет в короткие сроки обеспечить быстрое и качественное возведение конструкций, благодаря высокой заводской готовности поставляемого материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *KLH Massivholz GmbH*. Component catalogue for cross laminated timber structures // *KLH Massivholz GmbH*. 2012. С. 6—9.
2. *Oliver Lowenstein*. Towering Timber // *The Architects' Journal*. 2008. № 5. С. 40—42.
3. URL: <http://waughthistleton.com/curtain-place>.

Студент 4 курса 5 группы ИГЭС Д.И. Вовкогон

Студент 4 курса 5 группы ИГЭС Е.В. Павлов

Научный руководитель – старший преп. А.В. Алабин

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА ПРИМОРСКОГО КРАЯ

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования: альтернативные виды энергетики Приморского края. Не выбран приоритетный вид нетрадиционной электроэнергетики в отдаленных населенных пунктах региона.

Цели: поиск наиболее эффективного и выгодного, с экономической точки зрения, вида возобновляемого источника энергии. Расчет и определение наиболее эффективного вида альтернативной энергетики.

Материалы и методы: журналы и издания, рассказывающие об опыте использования различной нетрадиционной электроэнергетики на территории Приморского края. Изучение литературы, материалов из сети Internet и анализ полученной информации.

Результаты: были выбраны солнечные панели в качестве альтернативны дизель-генераторным подстанциям. Получена стоимость электроэнергии за 1кВт·ч от работы солнечных батарей.

Выводы: выбор солнечных батарей в качестве замены традиционных видов получения электрической энергии, позволит сэкономить средства на эксплуатации и ремонте дизель-генераторов, снизить вредное воздействие на окружающую среду.

На сегодняшний день, Приморский край является энергодефицитным регионом, до сих пор не вся его территория обладает централизованным электроснабжением. Это связано с долгими сроками выполнения работ по подключению и высокой стоимостью этих работ. В связи с этим до сих пор существуют населенные пункты, где в настоящее время работают автономные дизель-генераторы, а топливо для них стоит огромных денег. Например, по договору 2018 года на поставку 25 тонн дизельного топлива для дизель-генераторной станции в п. Русский, стоимость топлива за литр составила 60 руб. Данные факторы заставляют местных жителей и предпринимателей задуматься о переходе на альтернативные источники энергии. Плюс ко всему, стоимость реализации проектов и сроки их окупаемости от года к году уменьшаются. Но в то же время нет четкого понимания, какой из множества видов альтернативной энергетики будет наиболее приемлем для данного региона.

Строительство автономных электростанций на основе нетрадиционных возобновляемых источниках энергии позволит не

только решить проблему с дороговизной электроэнергии в удаленных уголках края, но и сможет дать мощный толчок для развития экономики региона.

Основа производства электроэнергии и тепла в Приморском крае — ископаемое топливо. Уголь привозится из Бурятии, Забайкальского Края и Кузбасса. Собственной нефти в регионе также нет, поэтому нефтепродукты также завозят из Восточной Сибири.

Основная часть мазута и дизеля, сжигаемого на тепловых электростанциях и дизель-электростанциях, также доставляется из других субъектов страны, что в полной мере сказывается как на колоссальной стоимости энергоносителя, так и на экологических последствиях транспортировки: затраты топлива на саму перевозку, выбросы загрязняющих веществ в результате сжигания, риски для окружающей среды от возможных разливов, аварий, потерь топлива [1].

В результате себестоимость производства электроэнергии, в частности, в отдаленных районах региона — одна из самых высоких в стране: $1_{\text{кВт}\cdot\text{ч}}$ обходится от 20 до 100 руб. Хотя, конечные потребители этого не замечают: тариф на электричество для населения составляет 4,5 рубля за $\text{кВт}\cdot\text{ч}$ — разницу доплачивают из местных бюджетов. Но, в связи с этим, денег в регионе становится меньше, а значит, правительство субъекта сможет реализовывать меньшее количество программ и проектов.

Причин высокой стоимости топлива существует несколько. Одна из них — изолированность системы Дальнего Востока от единой энергосистемы страны. Вторая причина — топливо, которые используется для производства тепла и электричества. Ко всему этому стоит также прибавить недостаток электроэнергии в регионе. Так, в 2017 году дефицит составил, за вычетом внутреннего потребления, 2502,1 млн. $\text{кВт}\cdot\text{ч}$. [2]

По данным лидера в области солнечной энергетики компании «Хевел», потенциал альтернативной энергетики Приморского края — порядка 500 МВт. Ввод в эксплуатацию новых проектов в области солнечной, ветряной и волновой энергетики смогут прийти на смену выбывающим и стремительно устаревающим дизельным мощностям в регионе, что несёт в себе, в первую очередь, и экономический, и экологический смысл. [1]

Сегодня, первенствующим из нетрадиционных источников энергии является солнце. Приморский край, относится к району, где плотность солнечного излучения достаточна для применения солнечных батарей различного типа. Это подтверждается данными метеонаблюдений за последние 20 лет [3, 4]. Продолжительность

эффективного солнечного сияния в регионе – 1700–2000 ч. в год, солнечная энергия на территории Приморского края составляет 1000–1500 кВт·ч/м²·год, поэтому на Дальнем Востоке возможно развитие солнечной энергетики в полном объеме.

Координатор программы экологизации промышленной деятельности Центра охраны дикой природы Игорь Шкрадюк говорит, что технический потенциал солнечной энергии составляет более половины всего потенциала в области возобновляемой энергетики в регионе. Первый заместитель Министра энергетики Текслер А.Л. уверяет, что проекты солнечной энергетики в удалённых регионах края окупаемы уже в наши дни: «Сейчас использование солнечных теплоснабжающих установок является окупаемым в течение 10–15 лет при сохранении существующего в регионе тарифа. [1] Так, например, в 2008 г. в г. Владивосток лабораторией энергосберегающих технологий совместно с ТГЭУ был разработан проект и установлена солнечная водонагревательная установка на крыше общежития для обеспечения его горячим водоснабжением. [5] Установка имеет следующие характеристики: проектная мощность 70 кВт; площадь солнечных коллекторов 150 м²; объем баков теплоаккумулятора 10 м³; циркуляция теплоносителя принудительная. При эксплуатации данной установки в течение 2 лет стоимость производства 1 м³ горячей воды составляла менее 17 руб., что в 3,5 раза ниже затрат на централизованное горячее водоснабжение. На сегодняшний день данная установка в полной мере смогла себя окупить и успешно работает и по сей день.

На втором месте по потенциалу находится ветер. Наиболее привлекательными для размещения ветряных электростанций являются побережье Тихого океана и острова близлежащие к матерiku. Ряд экспертов также сходятся во мнении, что в регионе экономически целесообразно размещение ветрогенераторов на побережьях — технически и экономически пригодный ветропотенциал в 6–16 раз превышает выработку всех электростанций России. [1] На сегодняшний день в Приморье действует всего одна ветряная электростанция, на острове Попова. Размещение ее там было обосновано высокой стоимостью проведения централизованного электроснабжения на остров.

Еще одним потенциальным для Приморского края видом альтернативной энергетики является волновая электростанция. Волны на морях и океанах формируются ветром, в следствие того их общая энергия меньше ветровой, впрочем, её возможно собрать и использовать в узкой прибрежной полосе. К тому же, энергия морских волн гораздо выше энергии, получаемой от приливов и рек. В наши дни успешно

работают такие станции в Португалии, Великобритании и США. Мощность, например, волновой электростанции Wave Hub, которая расположена в водах Великобритании, достигает 20 МВт. Преимуществами волновых электростанций является то, что они могут выполнять роль волногасителей, защищая порты, гавани и берега от разрушения. В России на сегодняшний день также разрабатываются и тестируются такие станции. Так, например, в Приморье, на полуострове Гамова, в бухте Витязь в 2014 году заработал экспериментальный волновой генератор. Инициаторами создания стали: исследователи Уральского федерального университета и Тихоокеанского океанологического института ДВО РАН. В тоже время, если действительно запустить ряд электростанций вблизи побережья Тихого океана, то большая часть из них окажется на дальнем расстоянии от населенных пунктов, что сделает их работу крайне бессмысленной. [1] Также появится необходимость защиты электростанций ото льдов зимой, что приведет к сильному удорожанию проектов. В связи с этим, волновые электростанции вряд ли смогут получить распространение в данном регионе.

В данной статье мы решили выбрать: какой же из двух вышепредставленных источников электроэнергии будет наиболее оптимален для данного региона России. Для этого был выбран наиболее удаленный район от г. Владивосток, где и по сей день используются дизельные генераторы в качестве источника электроснабжения. Был выбран Тернейский район, площадью 27 730 км² с населением чуть больше 11 тысяч человек и плотностью населения 0,4чел./км². Так как район обладает огромной площадью и малым количеством населённых пунктов (11 поселений), соответственно, тут наиболее рационально расположить независимые источники электроснабжения.

В качестве конкретного населенного пункта для определения вида источника энергоснабжения было выбрано село Малая Кема, которое является одним из населенных пунктов Тернейского района. Село расположено в 100 км от административного центра пгт. Терней и в 767 км от г. Владивосток. Данный населенный пункт был выбран исходя из его малочисленного населения, что делает невыгодным поставки дизельного топлива для электростанции на такое дальней расстояние для обеспечения электроэнергией 524 человек. К тому же, Малая Кема находится на берегу Японского моря, что дает потенциальную возможность для развития в этом месте ветроэнергетики. Среднегодовая скорость ветра здесь составляет 3,1 м/с. Данный населенный пункт имеет умеренно-холодный климат. Средняя годовая температура составляет

4,3 °С. В год выпадает около 808 мм осадков. Среднее значение скорости ветра за сезон представлено в таблице ниже.

Табл. 1. Значения средней скорости ветра за сезон (на высоте 10 м)

Средняя скорость ветра (м/с)			
Зима	Весна	Лето	Осень
3,5	3,3	2,6	2,7

В тоже время, среднее значение солнечной инсоляции за год составляет $4,47 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$, а среднемесячное каждого месяца представлено в таблице ниже. В среднем в данном регионе 310 солнечных дней в году при продолжительности солнечного сияния более 2000 часов. Исходя из этого, можно предположить, что использование солнечных панелей в данном месте может стать эффективным источником энергии.

Табл. 2. Среднемесячное значение инсоляции

Месяцы	Солнечная инсоляция $\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$
Январь	3,71
Февраль	4,68
Март	5,27
Апрель	5,21
Май	5,40
Июнь	5,63
Июль	4,92
Август	4,49
Сентябрь	4,33
Октябрь	3,72
Ноябрь	3,27
Декабрь	3,02

Рассмотрим вариант размещения ветряка на территории одного из частных участков села Малая Кема. Исходя из ветровых данных и данных ветряка, можем рассчитать выдаваемую им мощность. Если

среднегодовая скорость ветра составляет 3,1 м/с, современный ветряк мощностью 1 кВт компании BECAR будет выдавать [6]:

$$P = V^3 \cdot \rho \cdot S = 3,1^3 \cdot 1,25 \cdot 3,14 = 117 \text{Вт},$$

где:

V – скорость ветра, равная 3,1 м/с;

ρ – плотность воздуха, равная 1,25 кг/м³;

S – площадь, на которую дует воздушный поток, равная 3,14 м²;

Это равно примерно 60 кВт·ч/месяц. Этого хватит для питания нескольких ламп, телевизора и холодильника. За год выработка оборудования составит 720 кВт·ч, а за 20 лет службы — 14400 кВт·ч. Средняя стоимость ветроустановки приблизительно составляет 160 тыс. руб. При этом стоимость будет равна примерно 11 руб. за 1кВт·ч. Выходит значительно дороже, ведь электроэнергия сейчас стоит в среднем 4,5 руб. в с. Малая Кема. К тому же, скорость ветра летом и осенью будет падать ниже 3 м/с, что приведет к полной остановке ветрогенератора. Применение более мощных ветрогенераторов будет нерентабельно, так как они попросту не смогут работать при таком слабом ветре. Соответственно, у нас остается только вариант с солнечными батареями.

Предположим, что суммарная мощность приборов одного потребителя в с. Малая Кема составляет 1,1 кВт, то среднесуточный расход составит 45,5 кВт·ч в неделю или 6,5 кВт·ч в сутки. За год же эта сумма составит 2372,5 кВт·ч. Возьмем произвольно также и другие характеристики:

- Освещенность солнечной панели: $T = 5,5$ час в сутки;
- КПД инвертора — 0,9;
- Характеристика одной аккумуляторной батареи: $C_a = 225 \text{ А} \cdot \text{ч}$,

$$U_a = 12 \text{В};$$

- Уровень разрядки АКБ — 0,7.

Для точного расчета требуется учитывать вероятность одновременного использования приборов, пиковые и реактивные нагрузки или распределение нагрузки в течение суток. По суммарной мощности потребителей 1,1 кВт выбираем инвертор мощностью 2 кВт (с перспективой роста и компенсации неучтенных нагрузок). Входное напряжение инвертора $U_{\text{инв}}$ — 24 В. Среднесуточный же расход равен $W_c = 6500 \text{Вт} \cdot \text{ч}$.

Полная суточная токовая нагрузка на инвертор в А·ч с учетом КПД инвертора [7]:

$$\frac{W_c}{\text{КПД} \cdot U_{\text{инв}}} = \frac{6500}{0,9 \cdot 24} = 297,91 \text{ А} \cdot \text{ч};$$

Эта величина важна для определения количества АКБ, тока подзарядки и, в конечном счете, надежности системы.

В нашем случае:

- Токовая нагрузка увеличивается в два раза для обеспечения двухдневного энергоснабжения.

- Учитываем допустимую глубину разрядки батареи 0,7.

- Получаем суммарную токовую нагрузку [7]:

$$297,91 \cdot 2 \cdot 0,7 = 851,19 \text{ А} \cdot \text{ч};$$

С учетом характеристики одной аккумуляторной батареи $C_a = 200 \text{ А} \cdot \text{ч}$ получаем число блоков батарей на напряжение 24 В (напряжение инвертора) $851,19/200 = 3,98$. Округляем до 4-х. Для того чтобы получить U_a (12 В) на одну батарею соединяем в одном блоке две батареи последовательно. Итого получается 4 параллельно соединенных блока, состоящих из двух батарей каждый. Всего 8 аккумуляторов.

В дополнение к нагрузке потребителя необходимо добавить нагрузку, учитывающую подзарядку батарей. Она составляет 10% от суммарной мощности аккумуляторного модуля $(8 \cdot 200 \cdot 12) = 21600 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \cdot 10 \% = 216 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$. Суммарная среднесуточное потребление будет составлять: $6500 + 216 = 6716 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$.

Для обеспечения системы энергией солнечная батарея должна за время освещенности ($T = 5,5$ часов) выработать среднесуточную потребность в электроэнергии ($6716 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$). Следовательно, блок из солнечных модулей (с выходным напряжением 24 В и мощностью 200 Вт каждый) должен состоять из 6 модулей ($6716 / 5,5 \cdot 200 = 6,10$).

Зная мощность одной солнечной батареи и среднегодовую инсоляцию, мы можем вычислить количество вырабатываемой ей энергии за сутки [8]:

$$E_B = \frac{E_{\text{инс}} \cdot P_{\text{сп}}}{P_{\text{инс}} \cdot k} = \frac{4,47 \cdot 200}{107,28 \cdot 1,3} = 6,41 \text{ кВт} \cdot \text{ч в сутки};$$

где:

$P_{\text{сп}}$ – мощность солнечный панелей, Вт;

E_B – вырабатываемая энергия солнечными панелями, кВт·ч в сутки;

$E_{\text{инс}}$ – среднегодовая инсоляция, кВт·ч/м²;

$P_{\text{инс}}$ – мощность инсоляции на земной поверхности на одном квадратном метре, 1000Вт/м²;

k – коэффициент потерь на заряд – разряд аккумуляторов, преобразование постоянного напряжения в переменное, принимаем: 1,3

Соответственно, 6 батарей будут вырабатывать 38,5кВт·ч за сутки. Этого будет более чем достаточно для наших минимальных потребностей. А это значит, что нет препятствий для увеличения потребления электроэнергии в доме. За год значение выработки составит примерно 14052кВт·ч.

Выберем исходя из множества вариантов производителей и цен солнечные поликристаллические солнечные батареи, так как они дешевле монокристаллических, но при этом и КПД практически не уступает вторым, а срок службы практически одинаков и составляет не менее 25 лет. Выберем батареи компании SilaSolar мощностью 200Вт с размерами 1330x990 мм. Данный производитель отлично зарекомендовал себя на российском рынке за 25 лет и имеет хорошие показатели продаж в сфере частного применения. Батареи этого производителя даже после 20 лет службы потеряют в мощности не более 20 % от номинальной. Цена одного модуля SilaSolar 200 Вт, продающегося во Владивостоке, составляет 6630 руб. Необходимое количество будет стоить 39780 рублей. Также необходим инвертор мощностью 2 кВт. Выберем от того же производителя стоимостью 19000 руб. Ко всему этому добавляем еще 8 аккумуляторных батарей. Выбираем аккумуляторы от Восток СК. Цена за восемь аккумуляторов составляет 202880 руб. Общая стоимость всего комплекта будет составлять 261660 руб. Соответственно, при стоимости 1кВт·ч 4,5 руб., весь комплект окупится примерно за 5 лет. Срок эксплуатации солнечных батарей сегодня не ниже 25 лет, а это значит, что после 5 лет службы выработка электроэнергии будет практически бесплатной. Дальнейшие затраты будут лишь направлены на приобретение запчастей, обслуживание и ремонт. При этом нужно учитывать, что государству не придется доплачивать из местных бюджетов за разницу реальной стоимости и установленным государством тарифом, как это бывает с дизельными станциями.

По итогам расчётов можно понять, что устройство солнечных модулей в с. Малая Кема наиболее эффективна. Установка их на крышах частных домов, занимая площадь 8м², сможет полностью обеспечить бесперебойной работой все электрооборудование внутри дома. Также, как и в данном населенном пункте данная схема может быть успешно реализована и в остальных населенных пунктах Тернейского района, так как уровень инсоляции для всего региона примерно равен.

По результатам исследования, мы можем сделать вывод, о том, что устройство солнечных панелей в отдаленных районах Приморского края,

наиболее благоприятным образом скажется на двух важных составляющей региона в долгосрочной перспективе. С точки зрения экологии, будут сведены к минимуму выбросы вредных веществ от дизель-генераторных электростанций. С точки зрения экономики, устройство возобновляемых источников энергии позволит сэкономить на закупке топлива, его транспортировке, обслуживании и ремонте традиционных источников энергетики. На средства, сэкономленные от реализации данного проекта, регион сможет решить первоочередные социальные проблемы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <http://infoclimate.org/est-li-budushhee-u-vozobnovlyаемoy-energetiki-na-dalнем-vostoke/>
2. <http://www.riarating.ru/regions/20180307/630084980.html>
3. *Волков А.В.* Энергия Солнца – перспективный источник энергии для теплоснабжения южной части Дальневосточного региона // Проблемы интеграции малых городов российского Дальнего Востока в экономическое пространство АТР: материалы междунар. науч.-практ. конф. / под ред. В.А.Осипова. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та: Изд-во ДВГТУ: Большекаменский ин-т экономики и технологий (филиал), 2009. С. 195-203.
4. *Ковалев О.П., Волков А.В., Лощенков В.В.* Использование солнечной энергии в Приморском крае // Вестн. ДВО РАН. 2001. No 5. С. 92-98.
5. *Слесаренко В.В., Копылов В.В., Княжев В.В.* Оценка эффективности установок солнечной энергетики в системах теплоснабжения // Вестн. ДВО РАН. 2010. No 3. С. 126.
6. <https://alternativenergy.ru/vetroenergetika/81-raschet-vetrogeneratora.html>
7. <http://energystock.ru/solnechnye-batarei/raschet>
8. http://b-eco.ru/articles/calc_power1/

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАТФОРМЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТЭС

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования: Возможность применения платформы Multi-D при строительстве ТЭС

Цель: Анализ возможности применения платформы Multi-D при строительстве ТЭС и последующего от этого эффекта.

Материалы и методы: В данной статье проводится анализ возможностей платформы для информационного моделирования Multi-D при ее применении при строительстве тепловых электростанций, рассмотренный на примере Сахалинской ГРЭС-2. Материалы получены из открытых источников данных (сети интернет) и учебной литературы.

Результаты: На рассмотренном примере Сахалинской ГРЭС-2 было показано, что применение Multi-D способно значительным образом оптимизировать и ускорить процесс строительства не только атомных электростанций, но также и тепловых. Применение платформы теоретически позволило бы сократить отставание по срокам возведения станции на время от 10.5 до 12.5 месяцев за счет улучшенной координации между участниками проекта, более быстрого согласования документов, устранения ошибок и несостыковок на ранних этапах и многого другого. Это, в свою очередь, уменьшило бы стоимость строительства, позволив бы сохранить часть из 13.4 миллиардов рублей, выделенных на строительство в 2018-2019 годах.

Выводы: Влияние Multi-D на проектировочный и строительный процесс в целом следует учитывать в будущем, так как платформа позволяет существенно сократить сроки этих процессов, оптимизировать использование рабочей силы и техники, повышая производительность, а также уменьшить стоимость строительства, что важно, так как при строительстве сложных инженерных объектов нередко происходит их существенное удорожание.

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении многих лет в строительной сфере применяются программы для упрощения и оптимизации работы по возведению сооружений. Сейчас в широкий оборот входят подходы к проектированию, связанные с созданием информационных моделей (BIM) строящегося объекта. В связи с этим большой интерес представляют программы, способные их создавать. В данной сфере

зарубежные производители программного обеспечения представлены такими программами, как Graphisoft Archicad, Tekla Structures, Autodesk Revit, Allplan Nemetschek. Госкорпорация Росатом имеет собственную разработку – систему управления проектами Multi-D, применяемую в атомном строительстве. Цель данной статьи заключается в анализе возможности применения программного комплекса Multi-D при строительстве ТЭС и последующий от этого эффект.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Для того, чтобы выяснить возможно ли использовать Multi-D при строительстве ТЭС, необходимо сначала проанализировать само понятие BIM и выявить специфику теплового строительства для понимания требований, которым программное обеспечение в этой сфере должно удовлетворять.

При написании данной статьи использовались определения информационной модели, данные Royal Institute of British Architects (RIBA), британской профессиональной ассоциацией архитекторов, и приведенные в СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла».

RIBA приводит следующее определение BIM.

«BIM – это цифровая репрезентация физических и функциональных характеристик объекта. BIM является общим ресурсом знаний с информацией об объекте, формирующий надежный базис для принятия решений во время жизненного цикла объекта. Он считается существующим со времени появления первой концепции и до сноса здания» [1].

Следует отметить, что BIM-технологии являются наиболее перспективным путем развития цифрового строительства. В данное время многие зарубежные страны уже перешли или имеют в планах перейти на использование BIM второго уровня (BIM level 2) при выполнении госзаказов в сфере строительства.

Указанная технология BIM level 2 – один из уровней развития BIM технологий по диаграмме Бью-Ричардса (Bew-Richards diagram) [2]. Он характеризуется полным взаимодействием, свободным обменом информацией и коллективной работой участников проекта, где каждый из участников отдельно разрабатывает трехмерную модель своей дисциплины, а затем происходит сборка единой модели с определением и устранением коллизий. При этом изменение, внесенное в одну из изначальных моделей, не повлечет изменений в других [3].

В 2018 году вступил в силу ряд нормативных документов, описывающих сферу информационного моделирования в строительстве, в том числе и указанный СП.

Согласно ему, информационная модель - совокупность представленных в электронном виде документов, графических и неграфических данных по объекту строительства, размещаемая в среде общих данных и представляющая собой единый достоверный источник информации по объекту на всех или отдельных стадиях его жизненного цикла.

В состав информационной модели согласно СП следует включать:

1. Цифровую информационную модель, ЦИМ.
2. Инженерную цифровую модель местности, ИЦММ – состоящую из цифровой модели рельефа и цифровой модели ситуации.
3. Сводную цифровую модель – ЦИМ объекта, состоящая из отдельных ЦИМ/ИЦММ, соединенных таким образом, что внесение изменений в одну из них не повлечет за собой изменений в других.
4. Техническую и иную документацию, состав которой определяется законодательством на каждой стадии жизненного цикла, требованиями заказчика и данные, произведенные на основе ЦИМ и ИЦММ [4].

При сравнении определений из свода правил и данного РИВА можно увидеть, что они мало отличаются друг от друга, а состав информационной модели согласно СП больше соответствует таковому для BIM второго уровня, поэтому при соответствии одному определению, рассматриваемая технология удовлетворяет и второму.

Касаемо специфики энергетического строительства, в книге «Строительство тепловых электростанций» под редакцией В.И. Теличенко выделены несколько пунктов, по которым тепловое строительство различается с промышленным и гражданским. Учитывая необходимые возможности ПО в этой области, мы имеем:

- Необходимость проектирования большого производственного комплекса, имеющего множество связанных друг с другом объектов, что диктует свои требования к рационализации использования рабочей силы и различной техники.

- Необходимость учитывать продолжительность этапов инвестиционно-строительного цикла [5] и в связи с этим устройство эффективных каналов связи между участниками проекта.

- Необходимость монтажа сложных инженерных сетей и технологического оборудования, из-за чего важно использовать программное обеспечение, способное выявить несостыковки и коллизии на этапе проектирования.

- Добавлении к уже существующим строениям новых, и интеграция в общую модель.

Multi-D. Описание платформы.

В ГК Росатом для управления проектами сложных инженерных сооружений была разработана система, получившая название Multi-D. По описанию разработчика, Multi-D — цифровая платформа, объединяющая информационные системы для управления данными на различных стадиях жизненного цикла сложного инженерного объекта с целью более эффективного управления капитальным объектом и оптимизации сроков его создания и стоимости. Причем Multi-D предусматривает не только управление капитальным объектом на основе информационной модели, но также включает пакет дополнительных приложений, созданных путем интеграции информационных систем различных предприятий для создания сквозных цифровых цепочек производственных связей [6].

То есть, исходя из этого определения, Multi-D не является классическим инструментом для создания BIM, расширяя свои возможности также и на управление иной, не технической, документацией.

Собственно, BIM-часть программы представлена сводной информационной моделью, получаемой при объединении моделей, полученных при проектировании в системах от Siemens (Siemens NX), Aveva (Aveva PDMS), Bentley Systems, Dassault Systemes (3DEXperience) и Intergraph (Smartplant3D). Это программное обеспечение уже применяется в различных сферах строительства, в том числе в тепловой и атомной энергетике.

Также Multi-D предоставляет широкие возможности к управлению и автоматизации составления графиков работ, рабочих заданий, сопровождению строительных работ в части МТО и многом другом.

Мы можем видеть, что платформа Multi-D не только полностью удовлетворяет, но и далеко вышла за пределы понятий BIM. Система позволяет эффективно управлять как строительством объекта, так и последующими процессами жизненного цикла.

В практической возможности системы Multi-D оптимизировать строительство мы можем убедиться на нескольких примерах. Так, например, в результате внедрения данной системы удалось в 2014 году пустить на два месяца раньше установленного срока третий энергоблок Ростовской АЭС, что позволило сэкономить два миллиарда рублей. На Белорусской же АЭС применение Multi-D позволяет удержаться в проектной стоимости, что важно, так как при сооружении сложных инженерных объектов удорожание проекта происходит весьма часто.

Применение Multi-D при строительстве ТЭС на примере СахГРЭС-2.

Платформа Multi-D была создана с расчетом применения ее в атомном строительстве, однако учитывая сходство специфики атомного строительства и строительства тепловых электростанций можно расширить область применения Multi-D и на строительство ТЭС.

Рассмотрим плюсы от применения Multi-D при строительстве ТЭС на примере Сахалинской ГРЭС-2. Ей планируется заменить Сахалинскую ГРЭС-1, износ оборудования которой составляет более 80%. Строительство было начато апреле 2015 года. Первоначально ее планировалось возвести за 26 месяцев (конец – декабрь 2017 года), однако срок окончания строительства и ввода в эксплуатацию неоднократно переносился сначала на 2018 год, а потом и на конец 2019. Изначально сметная стоимость составляла 34 миллиарда 700 миллионов рублей. Однако в процессе строительства стоимость возросла примерно на 48%. Возведение Сахалинской ГРЭС-2 стратегически необходимо для замены старого оборудования и повышения вырабатываемой мощности (120 МВт первой очереди против 84 МВт на СахГРЭС-1).

Причин задержки строительства по СахГРЭС-2 несколько: необходимость корректировки проектных решений в результате замены производителя паровых турбин по программе импортозамещения (обусловило отставание до 6 месяцев); отставания по срокам разработки рабочей документации генеральным подрядчиком (отставание в 12 месяцев); неэффективная организация выполнения работ генподрядчиком (не учтены особенности строительства на острове Сахалин – отставание до 2 месяцев); расторжение генеральным подрядчиком договора с субподрядчиком на значительный объем работ (отставание до 2 месяцев) [7].

Применение технологии Multi-D позволило бы оптимизировать проектировочный и строительный процессы для СахГРЭС-2, что существенно бы снизило сроки возведения и стоимость.

При применении Multi-D корректировка проектных решений была бы облегчена автоматизированным сбором, систематизацией и представлением в графическом виде аналитической информации по строительству, что может повысить скорость принятия решений на 200%, сокращая время проведения оперативных совещаний в три раза и повышая качество принятых решений. Кроме того, Multi-D обеспечивает оперативный обмен техническими электронными документами и выступает как средство сбора, хранения и обработки информации. Это, в свою очередь, сокращает время, нужное на согласование документации, на 40%. Также можно было бы достичь экономии на сроках выдачи проектно-сметной документации и на сроках поставки

оборудования посредством интеграции различных типов календарных планов и графиков в единую информационную среду. Суммарно отставание из-за корректировки проектных решений можно было бы снизить до 3.5-4 месяцев.

Большое отставание также обусловлено отставанием по срокам разработки рабочей документации. Опыт применения Multi-D на РАЭС и БелАЭС говорит об 30-40-процентном ускорении данного процесса. Это достигается за счет ускорения процесса обмена информацией среди участников проекта, обеспечения их оперативного взаимодействия, повышения скорости проведения документов по процедурам согласования. Таким образом, станция могла быть построена на 4-5 месяцев раньше.

Платформа Multi-D также может помочь и с грамотной организацией работ. Сокращая время, требуемое для решения проблем в 2-3 раза и позволяя решать более 90% проблем на ранних этапах без эскалации на более высокие уровни, платформа повышает производительность при проведении проектных работ примерно на 5%. Учитывая фактическую длину строительной кампании для СахГРЭС-2 (апрель 2015 – июнь-июль 2019), можно было бы достичь ускорения работ на 70-76 дней, то есть на два с небольшим месяца.

Также, отставание по срокам строительства на два месяца обусловлено расторжением договора с субподрядчиком на большой объем работ. Применяя Multi-D можно было бы ускорить согласование документов и принятие решений на 40%, что позволило бы сократить отставание по срокам на 24 дня.

Принимая все это во внимание, суммарный вклад от применения Multi-D в ускорение процесса строительства на Сахалинской ГРЭС-2 составил бы от 10.5 до 12.5 месяцев, что позволило бы закончить строительство уже к середине 2018 года и значительно бы уменьшило стоимость объекта (можно было бы частично избежать траты 13.4 миллиардов рублей, выделенных дополнительно на строительство станции на 2018-2019 годы).

ВЫВОДЫ

Таким образом, Multi-D является уникальным инструментом для оптимизации строительных работ. Созданная изначально для проектирования АЭС, платформа во многих отношениях универсальна, так как программы, используемые непосредственно для проектирования, применяются в различных отраслях строительства, в том числе и тепловом строительстве. Модули Multi-D, использующиеся для управления проектом, тоже по своей сути универсальны и могут быть использованы как по отдельности, так и вместе. В совокупности же

система обеспечивает значительное ускорение работ благодаря установлению связи между всеми участниками проекта, систематизации и анализу данных строительного процесса и оптимизации использования рабочей силы и техники. Это, в свою очередь, обеспечивает сокращение проектной стоимости. Применение платформы при проектировании и строительстве ТЭС может сыграть серьезную роль в ускорении и оптимизации работ, а также повысить экономическую эффективность строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *S. Mordue* Opportunities and threats: Definition of BIM / Architects' Council of Europe. URL: [ace-cae.eu /fileadmin/ New_Upload /3._Area_2 _ Practice / BIM/Other_Docs/1_S.Mordue_Definition_of_BIM_01.pdf](http://ace-cae.eu/fileadmin/New_Upload/3._Area_2_Practice/BIM/Other_Docs/1_S.Mordue_Definition_of_BIM_01.pdf)
2. *S. Mordue* Explaining the levels of BIM [Электронный ресурс] / Stefan Mordue // BIMPlus – 2016. – Режим доступа: <http://www.bimplus.co.uk>
3. *R. McPartland* BIM levels explained [Электронный ресурс]/ Richard McPartland // TheNBS - 2014. –Режим доступа: <https://www.thenbs.com>
4. СП 333.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных этапах инвестиционно-строительного цикла – Введ. 2018-03-19 – М.: Минстрой России, 2017. -33 с.
5. Строительство тепловых электростанций. Том 1. Проектные решения тепловых электростанций: Учебник для вузов /Под ред. Проф. В.И. Теличенко. – М.: Изд-во АСВ, 2010. – 376 с.
6. Цифровая платформа Multi-D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ase-ec.ru/products-and-services/multi-d-platform/>.
7. *Д. Щербаков, И. Михайлов* Дальнему Востоку никак не пар / Информационно-аналитическое агенство «Восток России». URL: <https://www.eastrussia.ru/material/dalnemu-vostoku-nikak-ne-par>.

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЭС В СОСТАВЕ БАГАЕВСКОГО ГИДРОУЗЛА НА Р. ДОН

АННОТАЦИЯ

Предметом исследования являются объекты гидроузла на р. Дон. В данной статье будут рассмотрены естественные условия определяющие параметры сооружения, влияние на окружающую среду, а также социальные и экономические причины, побудившие к проектированию и строительству ГЭС в составе Багаевского гидроузла.

Основные цели исследования:

- Анализ параметров ГЭС и доказательство необходимости проектирования и строительства гидроузла;
- Обоснования компоновочных, конструктивно-технологических решений объекта;

В качестве материалов будут использованы результаты геологических, геодезических и гидрометеорологических изысканий, публикации на данную тему, а также информация из сети интернет.

Результатами данной работу будут являться:

- Обоснование состава и расположение основного оборудования ГЭС
- Конфигурация и численные значения параметров конструкций
- Обоснование общественной эффективности гидроэнергетического проекта

ВВЕДЕНИЕ

Основание для данного исследования – возможность проектирования и строительства ГЭС в составе Багаевского гидроузла. Данное исследование актуально, так как решает практические задачи: обоснование параметров проекта, при соблюдении обязательных требований и условий строительства, а также оценка влияния конструкций на окружающую среду в намечаемом районе строительства.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Основным источником информации о естественных условиях на площадке строительства послужили отчеты геодезических, геологических и гидрометеорологических изысканий. Для определения параметров и состава гидроузла использовалась предпроектная документация.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Строительство Багаевского гидроузла является завершающим этапом реализации схемы комплексного водохозяйственного регулирования водных ресурсов бассейна р. Дон, основные положения которой были определены Управлением по регулированию и использованию водных ресурсов еще в 1965 году, и потенциал которой до настоящего времени использовался не в полной мере. Поэтому строительство Багаевского гидроузла также создаст возможности улучшения водохозяйственной обстановки в регионе.

Выполнение работ предусмотрено в 2 этапа:

- 1-й этап – подготовительный период строительства
- 2-й этап – основной период строительства

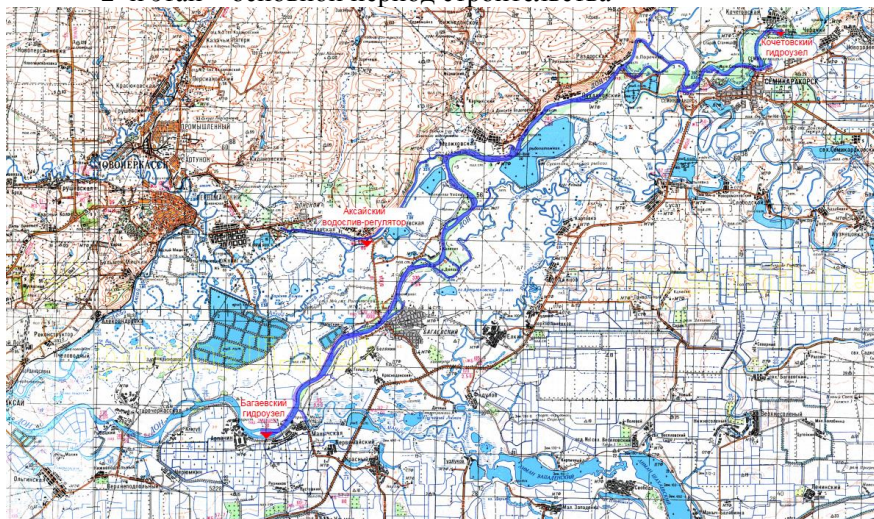


Рис. 1. Ситуационный план

Одним из критически лимитирующих участков, существенно ограничивающих пропускную способность ЕГС, являются участок на р. Дон от Кочетовского гидроузла до г. Аксай (3121 км судового хода по атласу ЕГС).

Данный участок является одним из самых грузонапряженных участков внутренних водных путей международного значения Российской Федерации, входящий в состав Единой глубоководной системы европейской части России.

Судоходные условия на нем полностью зависят от водных ресурсов Цимлянского водохранилища и второстепенно от водности рек Северский Донец и Маныч.

В створе гидроузла река разделяется на 2 протоки, между которыми расположен остров Арпачинский. В настоящее время судоходство осуществляется по левой протоке где поддерживаются гарантированные глубины. На правой протоке глубина не гарантированная. Растительность редкая в основном кустарники, деревья встречаются на острове. Берега в данном месте пологие, оползневые процессы наблюдаются на острове, по берегам отсутствуют.

Температура воздуха. Среднегодовая температура воздуха составляет 8,9°С. Наиболее холодным месяцем является январь со среднемесячной температурой воздуха, равной минус 5,7°С. Максимальное значение среднемесячной температуры наблюдаются в июле — 23,0°С.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Компоновка Багаевского гидроузла выполнена на основе проектных решений, с учетом зонирования территории, в границах предоставленного земельного участка.

По заданным среднемесячным расходам определим средний расход водотока. Далее наносим значения на гидрограф и находим значение уровня нижнего бьефа. Рассмотрим вариант, где отметка верхнего бьефа равна 2.8м. Принимаем турбину ПЛ10/854-ГК-46, $D_1 = 4,4\text{м}$, $H_p = 2,2\text{м}$, Количество гидротурбин – 5 шт.

Табл.1. Внутригодовое распределение стока

Параметры	Ед. изм	Месяцы (средневодный)												Итого
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	
Q в т.ч.	м3/с	671	1170	998	792	663	619	637	697	645	551	490	671	8604
Шлюз	м3/с	-	12	12	12	12	12	12	12	12	-	-	-	96
Р/шлюз	м3/с	40	40	40	-	-	40	40	-	-	-	-	-	200
Канал	м3/с	100	100	100	-	-	100	100						500
Q сброса	м3/с	531	1018	846	780	651	467	685	585	633	551	490	671	7908
Водо-слив	м3/с	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

По универсальной характеристике гидротурбины определяем приведенный расход.

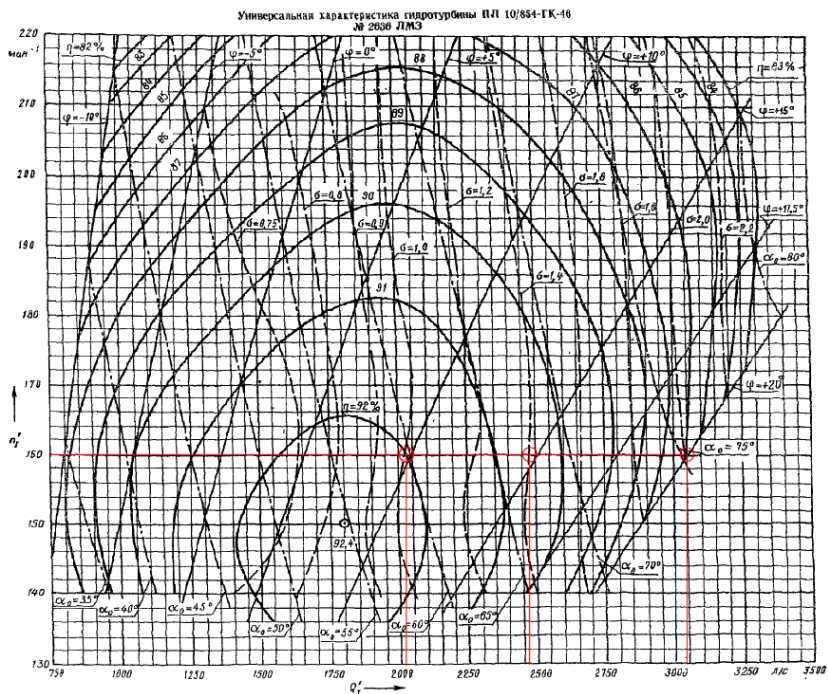


Рис. 2. Универсальная характеристика гидротурбины ПЛ 10/854-ГК-46

Приведем полученные данные в табличной форме

Табл. 2. Приведенные расходы ГЭС

$Q_{1'прив}$	$Q_{прив}$	$Q_{гэс}$
м ³ /с	м ³ /с	м ³ /с
2	57,4	287,2
2,5	71,8	358,9
3	86,1	430,7

Расчеты выполнены на основании внутригодового распределения стока р. Дон в створе гидроузла (таблица 1) и приведены в таблице 3.

Табл. 3. Водохозяйственные расчеты

Qсбр	НБ	ВБ	Нст	Qгэс	КПД агрегата	Н по водотоку	Н гэс факт	Э
м3/с	м	м	м	м3/с		кВт	кВт	млн кВтч
531	0,5	2,8	2,3	430,7	0,9	10782,9	8746,8	6,30
1018	1,43	2,8	1,37	430,7	0,9	12313,5	5210,0	3,75
846	1,1	2,8	1,7	430,7	0,9	12697,9	6465,0	4,65
780	0,97	2,8	1,83	430,7	0,9	12602,5	6959,4	5,01
651	0,71	2,8	2,09	430,7	0,9	12012,6	7948,1	5,72
467	0,38	2,8	2,42	430,7	0,9	9978,0	9203,1	6,63
685	0,78	2,8	2,02	430,7	0,9	12216,7	7681,9	5,53
585	0,59	2,8	2,21	430,7	0,9	11414,6	8404,5	6,05
633	0,68	2,8	2,12	430,7	0,9	11848,2	8062,2	5,80
551	0,53	2,8	2,27	430,7	0,9	11043,0	8632,7	6,22
490	0,42	2,8	2,38	430,7	0,9	10296,4	9051,0	6,52
671	0,75	2,8	2,05	430,7	0,9	12144,7	7796,0	5,61

В качестве расчетных показателей принят расчетный расход ГЭС-430,7 м3/с, напор – 2,8м, средняя мощность ГЭС – 7846,7 кВт, среднегодовая выработка электроэнергии – 67,80 млн. кВтч.

Расчет показателей общественной эффективности заключается в сравнении проектов ГЭС и ТЭС + ТБ.

В данном случае при расчете итогового сальдо капиталовложения и издержки ГЭС учитываются со знаком “-“, что характеризует затраты, а за капиталовложения и издержки ТЭС+ТБ принимается сумма сэкономленных денег за счет строительства ГЭС. Таким образом, при расчете сальдо капиталовложения и издержки ТЭС+ТБ принимаются со знаком “+”.

Исходные данные для расчета:

Ставка дисконта – 10%

Табл. 4. Исходные данные для расчета приведенных затрат

ГЭС		
Установленная мощность	7846,7	кВт
Годовая выработка электроэнергии	67,8	млн кВтч
ТЭС		
Установленная мощность	9023,7	кВт
Годовая выработка электроэнергии	69,8	млн кВтч
Удельный расход топлива	0.40	кг у.т./кВтч

Табл. 5. Исходные данные для расчета приведенных затрат

ГЭС			ТЭС		Топл база
Удельные Кап.Влож	Удельные Эксплуатац. издержки		Удельные Кап.Влож.	Удельные Эксплуатац. издержки	Удельные издержки
руб/квт	руб/квт год		руб/квт	руб/квт год	руб/тут год
300 000	6000		90 000	6000	4000

Табл. 6. Расчет экономических показателей ГЭС и ТЭС+ТБ

Годы	Инфляция	Индекс	Капиталовложения в ГЭС, распределение по годам		Эксплуат. ац. издержки и ГЭС	Капиталовложения в ТЭС, распределение по годам		Экспл. издержки и ТЭС	Издержки и топливной базы	Сальдо	Дисконтир Сальдо	Дисконтир сальдо нараст	Время от точки и произведения
			%	млн руб		%	млн руб						
2019												0	0
2020	10	1,1	20	246	0,0	20	179	0	0	-67	-61	-61	1
2021	10	1,21	30	405	0,0	40	393	0	0	-12	-10	-71	2
2022	8	1,31	30	438	0,0	40	425	0	0	-13	-10	-80	3
2023	8	1,41	20	315	0,0	0	0	2	158	-155	-106	-186	4
2024	6	1,50	0	0	33	0	0	2	167	136	84	-102	5
2025	6	1,59	0	0	35	0	0	2	177	144	81	-21	6
2026	5	1,67	0	0	37	0	0	2	186	151	78	57	7
2027	5	1,75	0	0	39	0	0	3	195	159	74	131	8
2028	4	1,82	0	0	41	0	0	3	203	165	70	201	9
2029	4	1,89	0	0	42	0	0	3	211	172	66	268	10
2030	3	1,95	0	0	43	0	0	3	218	177	62	330	11
2031	3	2,01	0	0	45	0	0	3	224	182	58	388	12
2032	3	2,07	0	0	46	0	0	3	231	188	54	442	13
2033	3	2,13	0	0	48	0	0	3	238	193	51	493	14
2034	3	2,19	0	0	49	0	0	3	245	199	48	541	15
2035	3	2,26	0	0	50	0	0	3	252	205	45	585	16
2036	3	2,33	0	0	52	0	0	3	260	211	42	627	17

2037	3	2,40	0	0	53	0	0	4	268	218	39	666	18
2038	3	2,47	0	0	55	0	0	4	276	224	37	703	19
2039	3	2,54	0	0	57	0	0	4	284	231	34	737	20
2040	3	2,62	0	0	58	0	0	4	292	238	32	770	21
2041	3	2,70	0	0	60	0	0	4	301	245	30	800	22
2042	3	2,78	0	0	62	0	0	4	310	252	28	828	23

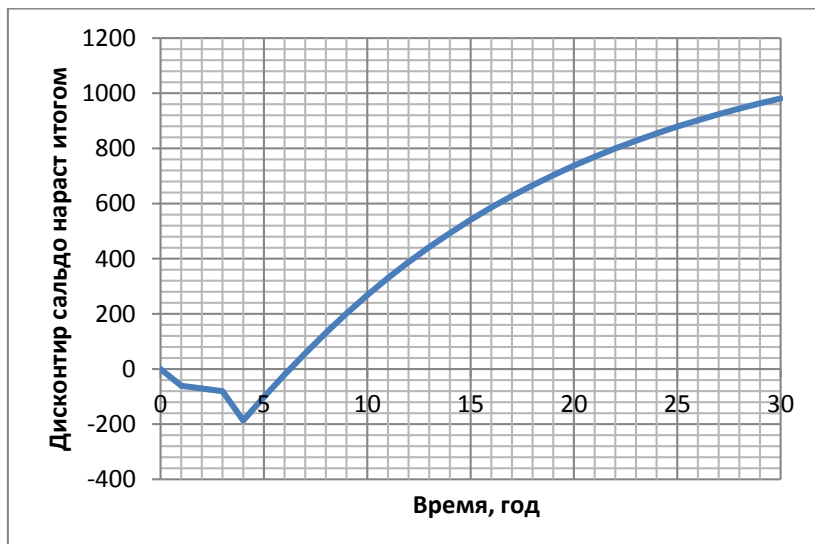


Рис. 3. График срока окупаемости ГЭС

Итоговый срок окупаемости составляет ~ 7 лет.

ВЫВОДЫ

1. Окупать затраты по строительству ГЭС за счет экономии затрат по ТЭС + ТБ получается эффективно. ГЭС окупается за счет экономии средств за 7 лет. Если не учитывать срок строительства (4 года), то срок окупаемости за счет экономии средств от строительства ТЭС + ТБ составляет 3 года.

2. Строительство МГЭС на Багаевском гидроузле возможно, что позволит обеспечить полностью энергоснабжение гидроузла с установленной мощностью 7846,7кВт и ежегодной выработкой электроэнергии в 67,8 млн. кВт.ч.

3. Строительство МГЭС может быть выполнено в третью очередь после завершения строительства судоходного шлюза, что не приведет к увеличению срока вводов его в эксплуатацию.

4. Использование стока р. Дон в энергетических целях экономически выгодно.
5. Строительство МГЭС не нарушит экологических условий в районе гидроузла и не нарушит условий судоходства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Турбины гидравлические для гидроэлектростанций. О.С. Бабанов, Г.А. Яблонская. 1986 г.
2. Гидроэлектрические станции. Г.И. Кривченко. 1987 г.
3. Нормы технологического проектирования гидроэлектрических и гидроаккумулирующих электростанций. Минэнерго СССР. 1986 г.
4. Гидроэлектростанции. Учебное пособие. Брызгалов В.И., Гордон Л.А. 2002
5. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций. Под ред. Ю.С. Васильева и Д.С. Щавелева. 1988 г.

КИНЕМАТИКА ПОТОКА МНОГОСЛОЙНЫХ ПРОТИВОПОЛОЖНО ЗАКРУЧЕННЫХ ТЕЧЕНИЙ

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования. При проектировании высоконапорных водосбросных сооружений особое внимание уделяется наличию избыточной энергии потока, поступающего в нижний бьеф, что требует специальных мер для её гашения. В настоящее время в практике строительства гидротехнических объектов применяются закрученные потоки, в том числе закрученные потоки с противоположно вращающимися слоями.

Цели. Изучение методами физического моделирования сложных многослойных контрвихревых течений. Такой вид течений создаёт ряд эффектов, позволяющих радикально решать вопросы гашения энергии высокоскоростных потоков.

Материалы и методы. В статье представлены результаты исследований, выполненных физическим методом, сложного течения, образованного противоположно вращающимися коаксиально расположенными слоями жидкости. Дано описание экспериментального стенда для модельных исследований таких течений. Приведены основные параметры установки, принцип действия регистрирующей аппаратуры и ее основные характеристики.

Результаты. Даны результаты модельных исследований в виде распределения компонент скорости потока по поперечному сечению проточного тракта и его длине. Приводится сравнение полученных данных с результатами расчётов, выполненных с помощью математического моделирования таких течений.

Выводы. Было выявлено, что полученные профили аксиальных компонент скорости показали, что в области взаимодействия закрученных слоёв наблюдается зона с наличием отрицательных значений скоростей потока, направленных в сторону закручивающего устройства, а также что циркуляция потока в зоне взаимодействия уменьшается по направлению течения и полностью вырождается.

ВВЕДЕНИЕ

Потребности практики, обусловленные перспективами широкого применения закрученных потоков жидкости и газа, уже давно выдвинули перед учеными задачи научного анализа этого достаточно сложного явления. К настоящему времени сформировалось несколько

самостоятельных научных направлений, каждое связано со своей областью практического применения закрученных потоков.

Выполнены обширные исследовательские работы по изучению контрвихревых течений методами физического и математического моделирования. Данная статья посвящена результатам модельных исследований таких течений с различным числом взаимодействующих слоёв, что может представлять определённый интерес в различных технических и технологических приложениях.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Закрученные потоки используются в процессах, обеспечивающих распыливание жидкого топлива [1], перемешивания и диспергирования жидкостей, формирования аэрозолей, факелов пламени [2] и других технологических процессах. На основе глубоких и обширных исследований закрученных потоков стали создаваться устройства, позволяющие многократно интенсифицировать процессы энерго-, массо- и теплообмена в теплотехнике, теплоэнергетике, гидромашиностроении, машиностроении и в ряде других отраслей промышленности [3, 4]. Наряду с разработками в других областях, исследователями проводились многочисленные эксперименты для определения различных гидравлических и гидродинамических характеристик закрученных потоков для применения их в гидротехнике, гидромелиорации, гидромашиностроении, гидротранспорте [5]. Одним из наиболее интересных направлений в изучении поведения закрученных потоков явились исследования взаимодействующих закрученных потоков жидкости и газа с коаксиально расположенными слоями [6].

Предложения об использовании взаимодействующих потоков были вызваны требованиями практики. Это прежде всего гашение энергии потоков высоконапорных гидротехнических систем, перемешивание двухфазных потоков, состоящих из жидкостей и газов [7]. В основу способа гашения энергии с помощью взаимодействия потоков (струй) положена идея разделения исходного потока на части и создания условий для взаимного гашения энергии отдельных частей при последующем их соединении. Потоки жидкости или газа, представляющие собой течение взаимодействующих противоположно вращающихся коаксиальных слоёв представляют собой чрезвычайно сложные пространственные течения с гидравлическими характеристиками, существенно отличающимися от обычных продольно-осевых течений [8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для определения основных кинематических характеристик циркуляционных взаимодействующих потоков были проведены эксперименты на моделях с использованием лазерной технологии бесконтактного определения параметров потока – трассерной визуализации течения в 3D модификации.

На рис.1 показана проточная часть модели с системой измерения PIV.

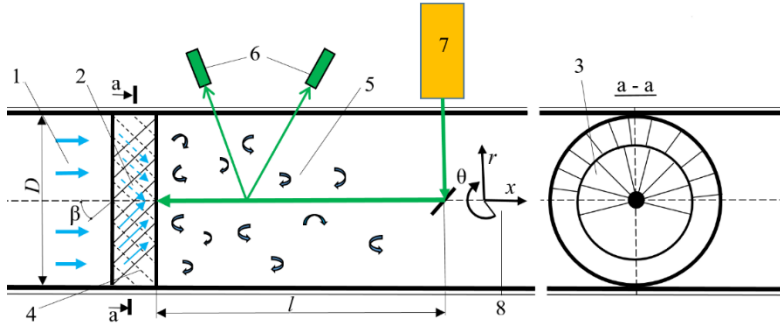


Рис. 1. Модельная экспериментальная установка. Схема организации течения противоположно вращающихся коаксиальных слоёв с использованием закручивающих устройств осевого лопаточного типа и формирования 3D лазерной фиксации параметров течения. 1 – кругло цилиндрическая проточная часть модели, 2 – осевой лопаточный завихритель слоёв потока, 3 – осевой лопаточный завихритель, вид по *a-a*, 4 – лопатки завихрителя, установленные под углом β к оси проточной части, 5 – область взаимодействия коаксиальных потоков длиной l , сформированная противоположно вращающимися слоями, 6 – скоростные матричные камеры фиксации процесса, 7 – лазерный излучатель, формирующий подсветку трассерных частиц в исследуемой области течения, 8 – x, r, θ – оси рассматриваемой цилиндрической системы координат

Продольно-осевой поток со скоростью v по кругло цилиндрическому каналу поступает к системе лопаточных решёток завихрителя 1, который разбивает исходный поток на несколько коаксиальных слоёв, закрученных в противоположные стороны. В эксперименте использованы три модели завихрителей, каждая из которых формировала течения с двумя, четырьмя и шестью противоположно вращающимися коаксиальными слоями. Первая модель завихрителя двухслойная – лопатки периферийного ряда закручивают часть набегающего потока (слоя) по часовой стрелке, лопатки

внутреннего ряда – против часовой. При этом, за локальным завихрителем в камере смешения начинают взаимодействовать два противоположно закрученных коаксиально расположенных потока. Вторая модель – четырехслойная. Здесь формируется четыре коаксиально расположенные и попарно закрученные в противоположные стороны слоя. Третья модель – шестислойная, имеет шесть рядов лопаточных решеток. Эта модель формирует коаксиально расположенные и попарно закрученные в противоположные стороны шесть слоев. Модели выполнены из пластика на 3D принтере. Внешний диаметр всех завихрителей одинаковый и составляет 200мм (равный диаметру трубы проточной части).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основной принцип, положенный в основу проектирования завихрителей – равенство моментов количества движения продольно-циркуляционных слоев, вращающихся в противоположные стороны.

Тогда, полагая, что направление вращения определяется знаком момента, можно записать равенство

$$\sum_{i=1}^n M_i = 0,$$

где: M_i – момент количества движения, n -число взаимодействующих слоев.

Таким образом, при двухслойном течении должно соблюдаться равенство $M_1 = M_2$, при четырехслойном $M_1 + M_3 = M_2 + M_4$, при шестислойном $M_1 + M_3 + M_5 = M_2 + M_4 + M_6$.

Момент количества движения с индексом «1» соответствует закрученному слою, формируемому периферийной решеткой лопаток, сопряженной со стенкой трубы. Соответственно момент количества движения с индексом «6» соответствует слою, формируемому самой внутренней решеткой лопаток, сопряженной с центральным телом вращения. Остальные индексы соответствуют слоям, занимающим промежуточное положение между «1» и «6».

Момент количества движения закрученного слоя равен

$$M = 2AIR_{\Gamma} = 2\rho QVR_{\Gamma},$$

где: A -безразмерная геометрическая характеристика завихрителя, ρ -плотность среды, Q -расход, V -средняя расходная скорость, R_{Γ} -гидравлический радиус, I – количество движения циркуляционно-продольного течения.

В моделях использованы лопаточные решетки с постоянным углом установки по отношению к оси. При неизменном по радиусу угле установки лопаток β геометрический параметр закрутки характеризуется выражением

$$A = \frac{\pi R_1 R_0}{\Omega} \sin \beta ,$$

где: R_1 – внешний радиус лопаточной решетки (точка крепления лопатки к стенке трубы или внутренней поверхности промежуточного разделительного обода), R_0 – эффективный радиус, Ω - площадь водопропускного сечения между лопатками, нормальная к вектору скорости сходящего с них потока, β – угол установки лопаток рассматриваемого лопаточного ряда, то есть, угол между скелетной линией лопатки и осевой линией завихрителя (в нашем случае осевая линия лопаточного завихрителя совпадает с осевой линией всего проточного тракта модели).

Эффективный радиус R_0 и площадь Ω вычисляют по формулам

$$R_0 = \sqrt{\frac{R_1^2 + R_2^2}{2}} \text{ и } \Omega = \pi(R_1^2 - R_2^2) \cos \beta ,$$

где: R_2 - внутренний радиус лопаточной решетки (точка крепления лопатки к внешней поверхности промежуточного разделительного обода).

Результаты исследований рассматриваемых течений, сформированных различными завихрителями показаны в виде экспериментальных распределений компонент скоростей потока в поперечных сечениях области l взаимодействия слоев. В общем случае движение жидкости характеризуется наряду с азимутальными u_θ также аксиальными u_x и радиальными u_r скоростями. Полная скорость в произвольной точке течения будет равна

$$U = \sqrt{u_r^2 + u_\theta^2 + u_x^2} .$$

На рис. 2-4 показаны экспериментальные профили аксиальных u_x и азимутальных u_θ скоростей для двух-, четырех- и шестислойного течений. 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.

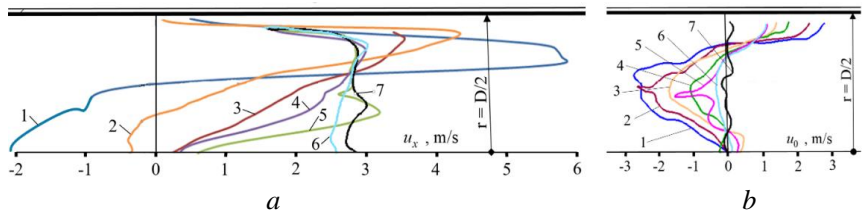


Рис. 2. Двуслойное течение. Профили: *a* – аксиальных u_x и *b* – азимутальных u_θ скоростей потока. 1 – $0.2r$, 2 – $1.3r$, 3 – $2.3r$, 4 – $4.4r$, 5 – $6.6r$, 6 – $11.3r$, 7 – $18.2r$

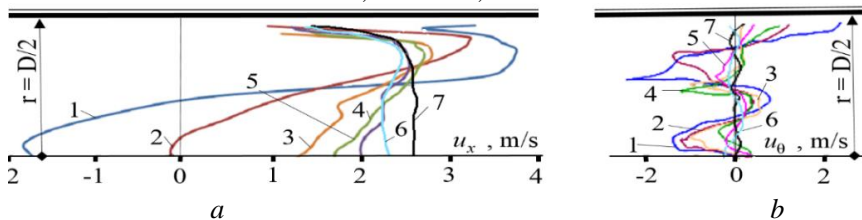


Рис. 3. Четырёхслойное течение. Профили: *a* – аксиальных u_x и *b* – азимутальных u_θ скоростей потока. 1 – $0.2r$, 2 – $1.3r$, 3 – $2.3r$, 4 – $4.4r$, 5 – $5.9r$, 6 – $9.7r$, 7 – $13.1r$

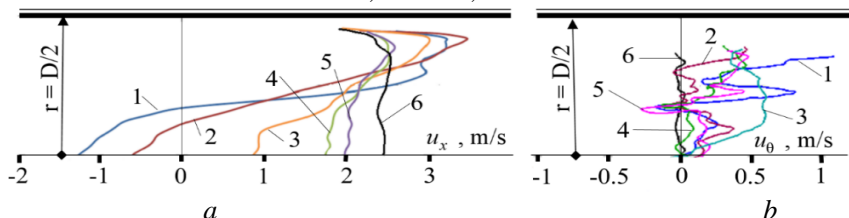


Рис. 4. Шестислойное течение. Профили: *a* – аксиальных u_x и *b* – азимутальных u_θ скоростей потока. 1 – $0.2r$, 2 – $1.3r$, 3 – $1.9r$, 4 – $3.4r$, 5 – $5.2r$, 6 – $8.1-8.8r$

Видно, что в сечениях, близких к началу области взаимодействия слоёв в приосевых зонах, наблюдаются возвратные течения со значительными отрицательными скоростями. Эта картина имеет место для всех трех исследованных течений. Наиболее отчетливо эта зона проявляется для двуслойного течения (рис.2). Надо отметить, что периферийные скорости для двух ближайших к закручивающему устройству створов значительно превышают значения средней расходной скорости, чем поддерживается баланс объёмного расхода.

Увеличение числа слоёв приводит к более быстрому завершению процесса взаимодействия, после которого поток, потеряв энергию,

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. Выход на такой режим при двуслойном течении происходит на длине около $18r$, при четырехслойном – $13r$, при шестислойном – $(8-9)r$.

ВЫВОДЫ

На основании сказанного выше можно сформулировать основные особенности кинематики противоположно вращающихся многослойных течений:

- полученные профили аксиальных u_x компонент скорости показали, что в области взаимодействия закрученных слоёв наблюдается зона с наличием отрицательных значений скоростей потока, направленных в сторону закручивающего устройства;

- циркуляция потока в зоне взаимодействия уменьшается по направлению течения и полностью вырождается. Нулевое значение циркуляции наблюдается: для двухслойного течения на длине $18R$, для четырёхслойного – $13R$, для шестислойного – $8R$. Эти результаты говорят о возрастании диффузии циркуляции по длине l с увеличением взаимодействующих слоёв. Это говорит об увеличении степени гашения начальной энергии всего потока.

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. *T. Parra-Santos, R. Perez, R. Szasz, A. Gutkowski, F. Castro* EPJ Web of Confereces, 114 02087 (2016)
3. *F. Muhammad, I. Muhammad, B. Niaz, M. Riaz, U. Muftooh, W. Sajjad, A. Tufail,* Results in Physics 9 1250-1255 (2018)
4. *S. Shehzad, A. Alsaedi, T. Hayat, M. Alhuthali* J. of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 45 (3) 787-794 (2014)
5. *F. Lemperiere,* Engineering 3, 144-149 (2017)
6. *V. Akhmetov, V. Volshanic, A. Zuikov, G. Orekhov,* Simulation and calculation of counter-rotating flows. Monograph. (Moscow State University of Civil Engineering Publ., 2012)
7. *V. Volshanic, A. Zuikov, G. Orekhov, P. Churin.* Power Techn. and Engin. 4 51-56 (2013); 5 32-40 (2013)
8. *S. Dehdar-Behbahani, A. Parsaie,* Alexandria Engineer. J. 55 467-473 (2016)

КОНТРВИХРЕВОЙ ГАСИТЕЛЬ ЭНЕРГИИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПОТОКОВ

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования. Статья посвящена исследованию гидравлических характеристик гасителей энергии потока гидротехнических водосбросов. Переход к высоконапорным сооружениям требует нетрадиционных подходов к изучению явлений, связанных с течением высокоскоростных потоков, и разработки принципиально новых видов течений и конструкций гасителей, что формирует новые технологические решения в гидротехническом строительстве. Одним из таких подходов является способ гашения энергии с помощью контрвихревых гасителей, основанный на взаимодействующих циркуляционных течениях.

Цели. Целью исследований является обоснование эффективности работы гасителей энергии сбрасываемых расходов воды для гидротехнических водосбросов.

Материалы и методы. Исследование проведено методом физического моделирования. Описываемый способ гашения, основанный на работе сил вязкого трения, позволяет погасить избыточную энергию потока на очень коротком участке проточного тракта водосброса.

Результаты. Результаты исследований показали, что при такой организации искусственно созданного течения коэффициент гашения энергии может иметь очень большие значения. Показано, что предлагаемый подход выгодно отличается от известных способов гашения энергии.

Выводы. В выводах отмечается, что: эффективность гашения энергии при взаимодействии коаксиальных противоположно закрученных потоков может достигать 90-98% от действующего напора; гашение энергии всего потока происходит на очень малом расстоянии от локальных завихрителей, составляющим 6-8 диаметров камеры смещения; в зоне взаимодействия слоёв потока наблюдается повышенная пульсация давления, доходящая до максимума на расстоянии от начала камеры смещения, равном 0,6 радиуса и зона рециркуляции, сопровождающаяся отрицательным давлением в приосевой зоне течения.

ВВЕДЕНИЕ

Водосбросные системы входят в состав гидроузлов различного назначения. В практике гидротехнического и гидроэнергетического строительства используются различные конструкции водосбросов и способы гашения энергии потоков. Характерной особенностью работы традиционных схем гашения энергии сбрасываемого потока является то обстоятельство, что гашение происходит в основном за счёт взаимодействия всего потока или отдельных его струй со специальными элементами гидротехнических сооружений гасителя.

Во всех перечисленных схемах гашения энергии поток воды взаимодействует с элементами конструкции водосброса, генерируя знакопеременные гидродинамические силы, которые воздействуют на эти элементы. Переход к проектированию высоконапорных гидроузлов выявил, что уровень инженерной гидравлики, вполне удовлетворяющий в большинстве случаев запросам строительства низко и средненапорных водосбросов, не обеспечивает решений задач, возникающих при создании сооружений высоких напоров и не гарантирует их надёжную работу. Однако переход к высоким напорам требует нетрадиционных подходов к изучению явлений, связанных с течением высокоскоростных потоков, и разработки принципиально новых типов течений и конструкций гасителей, что формирует новые технологические решения в гидротехническом строительстве. Одним из них является способ гашения энергии с помощью контрвихревых гасителей, основанный на явлениях, возникающих при взаимодействии циркуляционных течений.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Существует несколько основных схем сброса воды в нижний бьеф: поверхностная безнапорная [1], напорная глубинная [2] или донная [3]. Основной, давно и часто используемой схемой, является водобойный колодец [4]. Применяется схема с отбросом струи от гидротехнических сооружений в сторону нижнего бьефа [5]. В ряде случаев, в зависимости от скорости течения воды, топографии, геологических характеристик основания водосброса, используют ступенчатую конструкцию поверхности [6] или в виде различных пирсов, расположенных в определённом порядке [7]. Такое выполнение проточной части водосброса является одновременно и гасителем энергии потока, растянутым по всей длине водосброса [8].

Рассеивание (диссипация) энергии потока в основном происходит за счёт вихреобразования при изменении режима течения в сопрягающем устройстве, соударении струй, прямого гидродинамического контакта с твёрдым телом [9]. Мощность потока, которая гасится в нижнем бьефе гидроузла может достигать очень больших значений. Например, при

пропуске в паводок через водосбросные сооружения Жигулёвского гидроузла $62000 \text{ м}^3/\text{с}$ гасится поток мощностью $7 \times 10^6 \text{ кВт}$, что в три раза больше мощности потока, используемого всеми гидроагрегатами этой станции [10]. Кроме того, в результате воздействия скоростных потоков на сооружения, наблюдаются проявления кавитационной эрозии [12], аэрации [13], волнообразования [14] и другие явления. Ошибки при проектировании, работа водосбросов на нерасчётных режимах могут приводить к серьёзным разрушениям и авариям. Известны случаи, связанные с полным разрушением или разрушением частей водосброса или инфраструктуры нижнего бьефа [15]. Один из последних примеров – авария на гидроузле Оровилл (США) [16].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Контрвихревые течения имеют весьма сложную структуру, поэтому практически единственным способом решения по существу любых задач динамики таких течений является физический эксперимент. Они характеризуются сложной формой распределения компонент скоростей и специфическими структурными параметрами. Такие, искусственно созданные динамические структуры течений жидкости (или газа) формируются за счёт особой организации исходных потоков.

На рис. 1 приведена одна из возможных схем организации двуслойного контрвихревого течения в круглой цилиндрической камере (трубе).

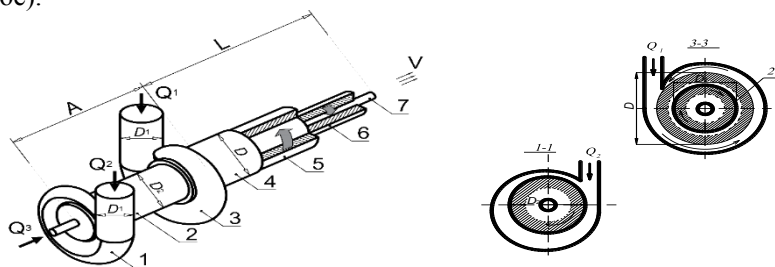


Рис. 1. Схема контрвихревого гасителя энергии гидротехнического водосброса с тангенциальными цилиндрическими завихрителями потока. Зона A – подвод воды к гасителю энергии и формирование закрученных потоков до их взаимодействия, образование полостей разрыва с давлением ниже атмосферного (P_0); зона L – область взаимодействия потоков в камере гашения. 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. Q_1, Q_2, Q_3 – расходы воды, подаваемые к устройству из напорной системы водосброса

В процессе исследования измерялись следующие величины: Q – расход воды, проходящий через модель на разных режимах, H – напор, P – давление на стенках проточной части. Вычислялись: η – коэффициент гашения кинетической энергии потока, ζ – коэффициент гидравлического сопротивления гасителя энергии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В проведённых исследованиях основная задача сводилась к определению расходных и энергогасящих характеристик контрвихревых водосбросов. Рис. 2 и 3 иллюстрируют изменение коэффициента расхода контрвихревой системы в зависимости от действующего напора и значения числа Рейнольдса. Приведены данные, показывающие автомодельные зоны, в которых основные гидравлические характеристики контрвихревых систем не зависят от числа Рейнольдса (Re), а, следовательно, и от напора (H). На рисунках замеренные значения коэффициентов расхода m показаны точками, сплошными линиями показаны их расчетные значения.

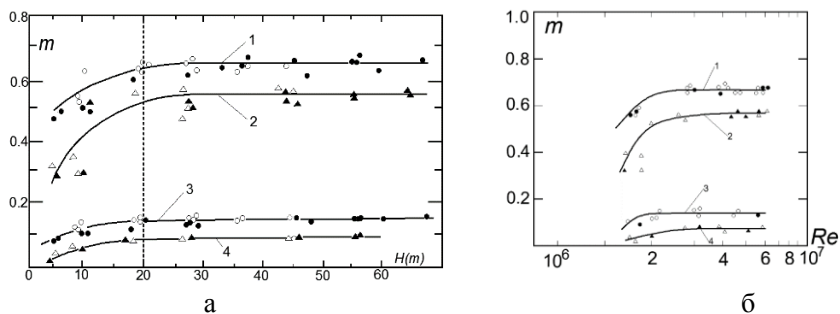
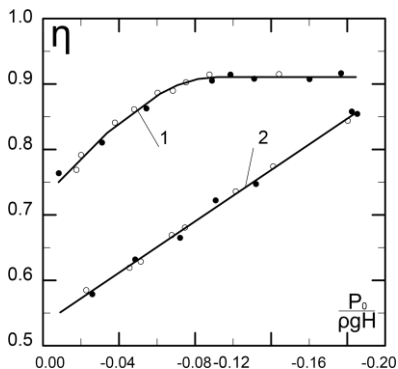
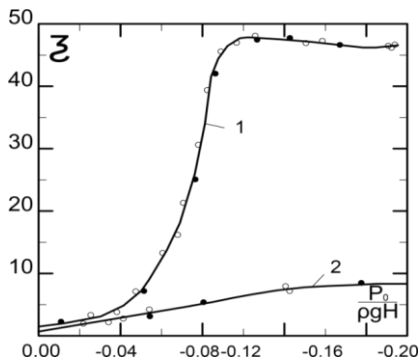


Рис. 2. Коэффициент расхода: а – зависимость $m = f(H)$ на режимах без подвода центральной струи при $P_0/\rho gH = -0,03$, б – зависимость $m = f(Re)$ на режимах с подводом центральной струи при $P_0/\rho gH = -0,075$. Позиции 1, 2 – режим с центральной струей Q_3 , – 2,4 без центральной струи Q_3



а



б

Рис. 3. Энергогасящие параметры: а – зависимость коэффициента гашения η от вакуума в осевой зоне течения, б – зависимость коэффициента сопротивления контрвихревой системы ζ от вакуума в проиесвой зоне течения

Согласно рис. 2 и 3 при $P_0/\rho gH < -0,03$ условия автомодельности по напору и Рейнольдсу гарантированно достигаются при значениях $H \geq 20$ м и $Re \geq 2.0 \cdot 10^7$ (зоны автомодельности отсечены штриховыми линиями). Это показывает, что условия автомодельности по Рейнольдсу в контрвихревых течениях наступают существенно раньше, чем для осевых потоков. Несомненно, это результат высокой искусственной турбулизации течения при взаимодействии коаксиальных противоположно закрученных потоков, значительно более высокой, чем естественная турбулентность осевых течений, определяемая числом Рейнольдса. Это позволяет сделать вывод, что моделирование контрвихревых течений, в некоторой степени, подобно моделированию такого явления как гидравлический прыжок. Так же, как и в контрвихревом течении в гидравлическом прыжке на коротком участке за счет высокой турбулизации течения теряется основная часть кинетической энергии потока, и известно, что параметры гидравлического прыжка пересчитываются с модели на натуру без искажений при модельных числах Рейнольдса более чем в два раза ниже граничных. Этот вывод представляется весьма важным, поскольку он дает не экстраполяционные, а прямые эмпирические рекомендации по условиям физического моделирования контрвихревых течений.

Эксперименты позволяют сделать важный вывод о том, что разделенные обтекателем (позиция 8 на рисунке 1) локальные завихрители взаимного влияния на работу друг друга фактически не оказывают. Существенные подпоры являются важным фактором,

препятствующим развитию кавитации на обтекаемых потоком поверхностях напорного участка проточного тракта контрвихревой системы.

Одним из наиболее важных вопросов, подлежавших экспериментальному изучению в процессе описываемых гидравлических исследований, было определение энергогасящей способности контрвихревых водосбросов, отражающей их эффективность (рис. 3).

Значения коэффициента гашения энергии определялись по измерениям глубины потока в отводящем безнапорном лотке на выходе из камеры смешения. Такое определение коэффициентов гашения энергии оказалось возможным в связи с тем, что на исследованных режимах работы модели в безнапорном лотке устанавливалось практически осевое течение с достаточно гладкой свободной поверхностью. Это указывает на то, что взаимодействующие потоки практически полностью гасят закрутку друг друга, и на то, что этот процесс весьма интенсивен, ибо камера смешения длиной всего шесть ее диаметров оказалась вполне достаточной для его завершения.

Кроме коэффициента гашения энергии эффективность контрвихревой системы может оцениваться также традиционным методом через коэффициент гидравлического сопротивления. Результаты исследований показывают, что эффективность гашения энергии при взаимодействии коаксиальных противоположно закрученных потоков весьма высока, достигая на исследованной модели 90-98% от напора.

Обращает на себя внимание эффект резкого усиления гашения энергии с увеличением относительного вакуума $P_0/\rho gH$ на режимах без подвода осевого потока в камеру смешения. На практике, преследуя цели гашения избыточной энергии сбрасываемого потока, следует стремиться сократить пропускаемые через центральный водовод расходы, помня о том, что он носит вспомогательные функции.

ВЫВОДЫ

На основании сказанного выше можно сформулировать основные особенности кинематики противоположно вращающихся многослойных течений:

- коэффициент расхода m исследованной контрвихревой системы гашения находятся в диапазоне от 0.35 без центральной струи до 0.75 с включённой центральной струей.

- эффективность гашения энергии при взаимодействии коаксиальных противоположно закрученных потоков весьма высока, достигая значения 90-98% от напора. Коэффициент гашения нарастает: с

увеличением вакуума в центральной зоне контрвихревого течения на входе в камеру смешения, при переходе от режимов работы с центральной осевой струей к режимам работы без центрального потока. Гашение происходит на очень малом участке длины камеры, который составляет 6-8 радиусов.

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. M.: 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. *Волишник 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. Y., Zuikov A.L., Orekhov G.V.* Engineering Hydraulics of Convolute 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 combustors //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 high speed mechanics Tohoku university. – 1968. – №. 19. – С. 241-257.

15. *Зуйков А.Л., Орехов Г.В., Волишаник 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. Volshanic 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.

ОБСЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ СТОКОВ В ОЗЕРО БАЙКАЛ

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования:

Сточные и ливневые воды прибайкальских населённых пунктов.

Цели:

Определить уровень организации отведения сточных и ливневых вод в ЦСВ (Централизованные системы водоотведения), их поступление на КОС (Канализационные очистные сооружения) и последующий сброс очищенной воды в природные водные объекты.

Материалы и методы:

В исследовании будем опираться на ряд нормативно-правовой документации:

- Генеральные планы МО (муниципальных образований);
- Резолюция Байкальского международного экологического водного форума за 2017г.

Будет проведено визуальное изучение существующих коммуникаций с выездом на место их размещения.

Результаты:

В результате мы планируем получить представление об уровне организации сточных и ливневых вод, а также о существовании и состоянии ЦСВ в отдельных зонах.

Выводы:

Озеро Байкал является одним из важнейших стратегических водных объектов Российской Федерации с запасами пресной воды более 23 тыс. км³, что составляет 19% от всех мировых запасов. Поддержание озера Байкал в чистоте является важной задачей, как для правительства нашей страны в стратегических целях, так и для человечества в гуманных и исторических целях.

Вокруг о. Байкал на постоянной основе проживает порядка 130тыс. человек и в процессе бытовой жизнедеятельности населения образуется большое количество сточных вод, которые должны очищаться, а очищенная вода должна соответствовать ПДК для сброса ЦЭЗ БПТ. Для автоматизации и повышения качества процесса очистки должна применяться ЦСВ, иначе о. Байкал будет находиться под угрозой загрязнения. Проведя данное исследование, мы выясним, какие прибайкальские населённые зоны нуждаются в организации сточных вод.

ВВЕДЕНИЕ

Озеро Байкал – озеро в южной части Восточной Сибири, на границе Иркутской области и республики Бурятия в Российской Федерации. Является самым глубоким озером на планете и крупнейшим природным резервуаром пресной воды. Протяжённость о. Байкал составляет 636 км при ширине от 24 до 79 км. Дно, в самой глубокой части, достигает 1187 метров ниже уровня Мирового океана, при высоте уреза воды в 456 м. над уровнем моря. Площадь водной поверхности о. Байкал составляет 31 722 км².

Байкал является важнейшим стратегическим объектом Российской Федерации с запас пресной воды 23 615 км³, что составляет 19% от всех мировых запасов.

В байкальских водах очень мало растворённых и взвешенных минеральных веществ, органических примесей. При этом, много кислорода и содержание солей 96,7 мг/л.

Население прибайкальских территорий составляет 56 236 чел. по Иркутской области и 72 838 чел. по Республике Бурятия. Суммарно вокруг Байкала проживает около 130 тыс. чел. При этом, с развитием территорий население будет только возрастать, а с развитием прибайкальских территорий и увеличением населения появляется опасность техногенного загрязнения о. Байкал неочищенными сточными водами.

Для предотвращения загрязнения о. Байкал в населённых пунктах должны быть предусмотрены КОС, на которые, посредством ЦСВ или ассенизирующими машинами отводятся сточные хозяйственно-бытовые воды.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

По резолюции Байкальского международного экологического водного форума п.12, прошедшего в 2017 г. было решено рекомендовать Правительству Иркутской области разработать общерегиональную схему водоотведения, включая сооружения очистки сточных вод и центры утилизации осадка сточных вод на территории ЦЭЗ БПТ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе исследования был изучен ряд генеральных планов, в которых подробно описаны существующие КОС и системы отведения хозяйственно-бытовых сточных вод. Так же проведено краткое обследование КОС в пгт. Листвянка и опрос их эксплуатирующего персонала.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате изучения ряда генеральных планов было выявлено состояние организации отведения сточных хозяйственно-бытовых вод. Ниже приведены выписки из генеральных планов о состоянии систем водоотведения(канализации):

По Иркутскому районному муниципальному образованию:

- Большереченского МО - “В населённых пунктах Большереченского муниципального образования нет сетей и сооружений”;

- Листвянского МО - “Система канализации существует только в р.п. Листвянка, раздельная централизованная”;

- Голоустенского МО - “В населённых пунктах Голоустенского муниципального образования нет сетей и сооружений”;

По Ольхонскому районному муниципальному образованию:

- Бугульдейского МО - “В настоящее время централизованной системы водоотведения в Бугульдейском сельском поселении нет. Сточные воды отводятся в выгребные ямы, септики”;

- Хужирского МО - “В населённых пунктах Хужирского муниципального образования отведение хозяйственно-бытовых сточных вод от турбаз, объектов социально-культурного и бытового назначения и частично жилой застройки, осуществляется в выгребные ямы. Стоки из выгребов откачиваются и вывозятся на рельеф местности в специально отведенные места. Сетей хозяйственно бытовой канализации и канализационных очистных сооружений нет ни в одном населённом пункте”;

- Еланцынского МО - “Отведение хозяйственно-бытовых сточных вод от существующих объектов социально-культурного и бытового назначения в с.Еланцы осуществляется в выгребные ямы. Стоки из выгребов откачиваются автоцистернами и вывозятся на рельеф местности в отведенные места. Жилой фонд с.Еланцы и населённых пунктов Еланцынского поселения обеспечен надворными туалетами. Канализационных очистных сооружений нет”;

- Куретского МО - “В настоящее время централизованной системы водоотведения в Куретском сельском поселении нет. Сточные воды отводятся в выгребные ямы, септики”;

- Онгуренского МО - “В настоящее время централизованной системы водоотведения в Онгуренском сельском поселении нет. Сточные воды отводятся в выгребные ямы, септики”;

- Шара-Тоготского МО - “Канализация населенных пунктов представляет собой частично выгребные ямы, в основном дворовые уборные. Канализационных очистных сооружений нет ни в одном населенном пункте”;

По Слюдянскому муниципальному образованию:

- Утуликского МО - “Канализование проектируемого жилого фонда частного сектора п. Утулик, п. Муравей, п. Бабха, п. Мангатуй, п. Орехово - дворовые туалеты и выгребные ямы с последующим вывозом в места, согласованные с местными органами санитарного надзора. Стоки от объектов культурно-бытового обслуживания и многоквартирных домов самотеком поступают в блочную канализационную насосную станцию, откуда насосом (Грундфос) подаются на проектируемые очистные сооружения полной биологической очистки”;

- Новоснежинского МО - “В населённых пунктах Новоснежинского муниципального образования нет сетей и сооружений хозяйственно-бытовой канализации”;

- Маритуйского МО - “В населённых пунктах Маритуйского муниципального образования нет сетей и сооружений хозяйственно-бытовой канализации”.

Итого, изучив генеральные планы 12 МО, только в 1-2 населённых пунктах имеется централизованная система водоотведения и канализационные очистные сооружения.

Проведя визуальный осмотр существующих в пгт. Листвянка КОС и систем водоотведения, а также опрос их эксплуатирующего персонала был выявлен ряд серьёзных проблем:

1. Хозяйственно-бытовые сточные воды с ближайших населённых пунктов спецтранспортом свозятся на КОС в пгт. Листвянка, которое не предусматривает поступление сточных вод таким образом;

2. Состояние систем и их функционал было оценено, как неудовлетворительное, требующее капитального ремонта;

3. Выявлена необходимость налаживания контроля за количественным и качественным составом загрязнений сточных вод, поступающих спецтранспортом;

4. Выявлена необходимость полной модернизации технологического процесса очистки сточных вод и обработки осадка с целью оптимизации их работ.

ВЫВОДЫ

Подведя итоги изучения ряда генеральных планов, можно сделать вывод о том, что практически во всех населённых пунктах прибайкальских территорий отсутствует организация отведения хозяйственно-бытовых сточных и ливневых вод, а существующие системы, как показал командировочный осмотр, находятся в неудовлетворительном состоянии. Данная проблема может привести к скорому загрязнению огромного природного ресурса о. Байкал и требует

скорейшего решения в виде построения централизованных систем водоотведения и канализационных очистных систем.

В рамках данного исследования был изучен ряд населённых пунктов Иркутской части о. Байкал. Для получения более точной картины организации стоков прибайкальских территорий следует изучить часть населённых пунктов Бурятской республики, после чего делать выводы о необходимости возведения крупных централизованных систем очистки отведения хозяйственно-бытовых сточных вод.

Проводимые с недавних пор Байкальские международные экологические водные форумы, как и это исследование, направлены на защиту природных ресурсов для будущих поколений. Уделяя данной проблеме больше внимания, мы добъёмся необходимого финансирования и реализации решения сложившейся проблемы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Резолюция Байкальского международного экологического водного форума 2017г.
2. «Генеральный план Большереченского муниципального образования Иркутского района Иркутской области».
3. «Генеральный план Листвянского муниципального образования Иркутского района».
4. «Генеральный план Голоустненского муниципального образования Иркутского района Иркутской области».
5. «Генеральный план Бугульдейского муниципального образования».
6. «Генеральный план Хужирского муниципального образования Ольхонского района Иркутской области».
7. «Генеральный план Еланцынского муниципального образования Ольхонского района Иркутской области».
8. «Генеральный план Куретского муниципального образования - сельского поселения».
9. «Генеральный план Онгуренского муниципального образования».
10. «Генеральный план Шара-Тоготского муниципального образования Ольхонского района Иркутской области».
11. «Генеральный план Утуликского муниципального образования Слюдянского района Иркутской области».
12. «Генеральный план Новоснежинского сельского поселения Слюдянского района Иркутской области».
13. «Генеральный план Маритуйского муниципального образования Слюдянского района Иркутской области».
14. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Байкал>.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН

АННОТАЦИЯ

Предметом исследования: является распространение длинных гравитационных волн и движения воды при землетрясении в глубоководной акватории, которые представляют реальную опасность и имеют глобальные последствия.

Цели: написать алгоритм на основе уравнения гидродинамики в приближении теории мелкой воды и построить численную модель распространения цунами в океане.

Материалы и методы: применен метод численного моделирования, в котором описывается система дифференциальных уравнений в приближении теории мелкой воды и решена в системе MATLAB.

Результаты: в данной работе была разработана математическая модель распространения длинных гравитационных волн, в которой были применены дифференциальные уравнения гидродинамики. В математической модели рассчитываются значения скорости распространения цунами и изменение высоты волны в глубоководной акватории.

Выводы: представленные графики изменения высоты волны и скорости движения воды во времени на различных расстояниях от эпицентра землетрясения, показывают, что с увеличением расстояния от очага землетрясения происходит уменьшение значений высоты волны и скорости движения жидкости. Таким образом, можно сказать, что данная тестируемая численная модель в полном объёме описывает физические процессы при распространении волн на глубоководной акватории.

ВВЕДЕНИЕ

Цунами -это гигантские морские волны, возникающие в результате подводных землетрясений, извержений подводных вулканов и ряда других причин, и являются стихийным бедствием для многих участков побережья Мирового океана. [1,2] Около 80 % цунами возникают на территории Тихого океана. При средней глубине океана 4 км скорость распространения длинных гравитационных волн составляют около 200 м/с. Если высота в открытом океане 1-2 м, то на мелководье цунами доходит до десяти метров и распространяются на суше.

Крупнейшие катастрофические наводнения произошли на различных участках Мирового океана и оказало большое влияние на жизнедеятельность населения в прибрежной полосе. Отметим, что 28 сентября 2018 года произошло сильное землетрясение в Индонезии, которое в последствии вызвало цунами, высотой 0,5 до 3 метров на острове Сулавеси. В результате, жертвами стихийного бедствия стали более 1400 человек, еще 2500 пострадали. Около 60 тысяч человек переселись в палатки и временные убежища, также, во время землетрясения и цунами было разрушено почти 70 тыс. домов и местных объектов инфраструктуры.

Одно из сильнейших землетрясений с магнитудой 8,9-9,1 баллов в истории страны произошло 11 марта 2011 года у берегов Японии. Землетрясение вызвало мощнейшее цунами, которое накрыло территорию 561 квадратных километров, где высоты цунами достигала 40,5 м. [1]. В результате от волн цунами пострадали деревни и 62 города. Были разрушены 126 тысяч строений и частично повреждены — 260 тысяч. По официальным данным погибли 433 человека и 784 человека считаются без вести. Волна цунами затопила международный аэропорт, в море унесло пассажирское судно, а подземные толчки вызвали крупные разрушения и пожары. Экономический ущерб был оценен около 309 млрд долларов США. Оказалось, что современное общество вовсе не готово к природным катастрофам сейсмической природы такого масштаба.

Следует отметить, что реальную опасность возникновения цунами от землетрясения имеет глобальные последствия. Указанные обстоятельства определяют назревшую необходимость усовершенствования используемых моделей оперативного прогноза опасности цунами, а также разработки эффективных алгоритмов численного моделирования цунами для реальной оценки скорости жидкости и высоты гравитационной волны, с целью принятия решения о степени опасности и раннего предупреждения о цунами.

Методы численного моделирования можно применять на всех стадиях жизни цунами: генерация волны цунами и расчёт поля остаточных смещений в результате землетрясения, распространение волны над глубоководной акваторией океана и взаимодействие с землей (накат и затопление). В данной работе рассмотрена вторая стадия жизни - распространение волны цунами [3].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Понятие цунами стало известным и широко применяться после катастрофического наводнения, которое произошло на Северо-Курильских островах 5 ноября 1952 г. [2] Саваренский Е.Ф., Тшценко

Б.Г., Святловский А.Е., Добровольский А. Д., Живаго А.В. Цунами 4-5 ноября 1952 г. В настоящее время распространение длинных гравитационных волн типа цунами при моделировании используют теорию мелкой воды. [5] Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. При моделировании волны применяются различные методы прогнозирования цунами, которые описаны в сборнике. [6] Н.Е. Кочин, И.А. Кибель, Н.В. Розе, Теоретическая гидромеханика Ч.1,1963 год. Также, отметим, что большой вклад в исследовании о движении цунами внести члены-корреспонденты АН СССР Соловьев С.Л., Алексеев А.С.; доктора физико-математических наук Селезов И.Т., Пелиновский Е.Н, Войт С.С; доктор географических наук Некрасов А.В и другие. Эти исследования координируются комиссией по проблеме «Изучение океанов и морей и использование их ресурсов цунами» который возглавляет С.Л.Соловьев.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Для длинных гравитационных волн, длина которых превышает глубину соответствующей морской акватории, в численном моделировании можно использовать уравнения гидродинамики в приближении мелкой воды. На основе взаимодействующих уравнений сохранения массы и импульса будет приведена система уравнений [3].

Опишем физические задачи и уравнения, которое лежат в основе численной модели.

Для этого, предположим, что у воды нет внутреннего трения и трения о стенки (твердые границы) и уровень возвышения над уровнем свободной поверхности Δh является малой величиной по сравнению с характерной глубиной бассейна, а размерами неровности дна будем пренебрегать. Будем считать, что давление в жидкости подчиняется законам гидростатики, длина волны существенно больше, чем характерная глубина акватории, глубина по акватории принимается постоянной.

Рассмотрим систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h u_x}{\partial x} + \frac{\partial h u_y}{\partial y} = 0 \\ \frac{\partial h u_x}{\partial t} + \frac{\partial (p + h u_x^2)}{\partial x} + \frac{\partial h u_x u_y}{\partial y} = 0 \\ \frac{\partial h u_y}{\partial t} + \frac{\partial h u_x u_y}{\partial x} + \frac{\partial (p + h u_y^2)}{\partial y} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Для численного решения системы дифференциальных уравнений (1) применялась явная разностная схема, которая решена в системе MATLAB. На рисунке 1 представлена акватория длиной 1000 км и

шириной 750 км и место колебания дна и точки измерения значений параметров волны.

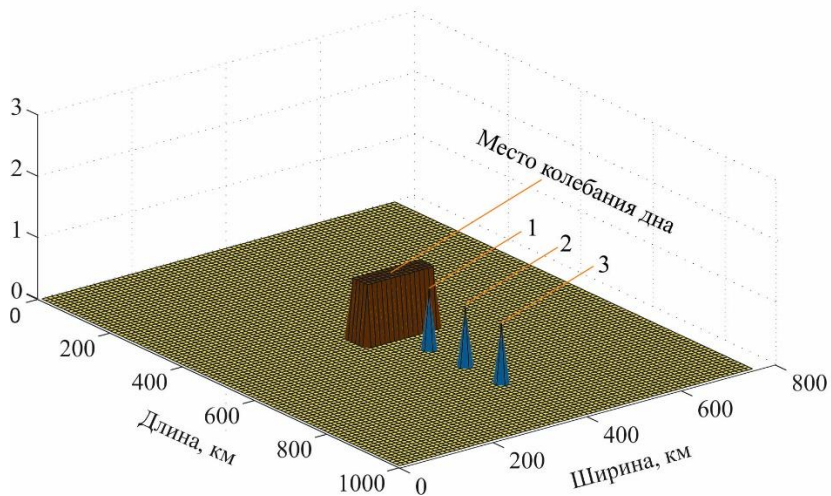
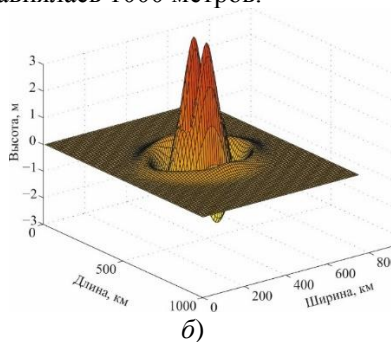
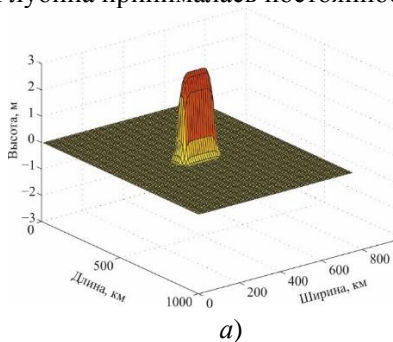


Рис. 1. Рассматриваемая акватория распространения цунами при землетрясении:

- 1 – расстояние от эпицентра землетрясения 80 км;
- 2 – расстояние от эпицентра землетрясения 180 км;
- 3 – расстояние от эпицентра землетрясения 280 км.

На рисунке 2 (а, б, в) представлены распространения длинных гравитационных волн на поверхности воды в зависимости от времени. Глубина принималась постоянность и равнялась 1000 метров.



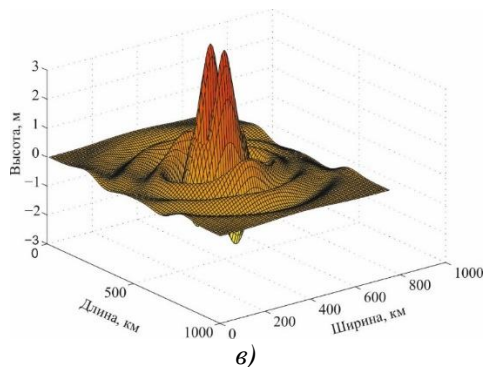


Рис. 2. Распространение волн по поверхности акватории в результате землетрясения: *а* – 150 секунда после начала землетрясения; *б* – 1650 секунда после начала землетрясения; *в* – 4050 секунда после начала землетрясения

Скорость распространения гравитационных волн в океане определяется, как $c = \sqrt{gH}$, т.е. скорость состоит из глубины воды и ускорения свободного падения, которая является величиной постоянной. Тогда скорость распространения цунами на поверхности будет составлять $c = \sqrt{9,81 * 1000} \approx 99$ м/с (356 км/ч). Данное уравнение волновой скорости неразрывно связано с теории мелкой воды и скоростью звука в газовой динамике. [4]

На рисунке 3 представлены графики изменения высоты волны и скорость движения воды (перенос массы) во времени на различных расстояниях от эпицентра землетрясения.

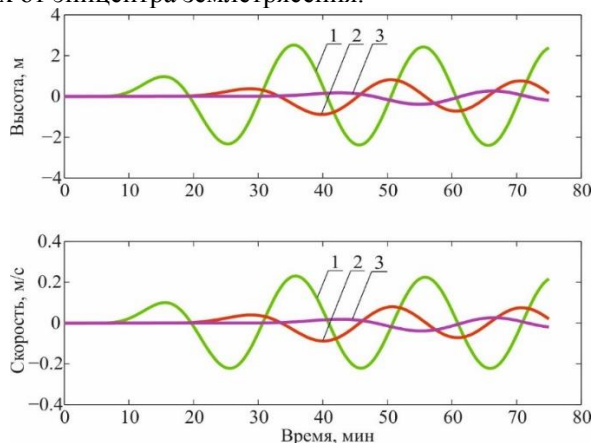


Рис. 3. Графики значений изменения высоты волны и скорости движения воды в акватории океана.

По данным графикам видно, что с увеличением расстояния от очага землетрясения происходит уменьшение значений высоты волны и скорости движения жидкости. Таким образом, можно сказать, что данная тестируемая модель в полном объеме описывает физические процессы при распространении волн на глубоководной акватории. По данному рисунку исходными точками 1,2, и 3 являются значения скорости жидкости и высоты цунами от времени при расстоянии 80 км., 180 км. и 280 км от очага подземного удара. Как видно из графика, в точке 1 – скорость движения жидкости составляет 0.1 м/с и высота волны 1 м. в течении 38-ми минут при расстоянии 80 км от землетрясения. Во 2-ой точке скорость распространения воды составила -0,1 м/с и высоты волны будет убывать – 1м. на 89 минуте при расстоянии 180 км. При 3-ей точке скорость жидкости составила приблизительно 0.025 м/с и высота волны 0,25м. на 43 минуте при 280 км от очага удара. В дальнейшем, данные параметры будут использоваться для определения значений высоты цунами и скорости движения жидкости при накате на берег.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате исследования, можно сделать вывод о том, что гидродинамические уравнения, которые лежат в основе численной модели позволяют полностью описать распространение длинных гравитационных волн в виде цунами в двумерной постановке.

На рисунке 1 было представлено колебание дна, точки измерения значений параметров волны и эпицентр землетрясения. По рисунку 1 был построен график значений изменения высоты волны и скорости движения жидкости в акватории океана, который показывает, что с увеличением расстояния от эпицентра землетрясения уменьшаются значения высоты волны и скорость движения воды. Таким образом, модель, которая приведена выше, полностью описывает физические процессы при распространении волн океане.

ВЫВОДЫ

1. Была составлена система дифференциальных уравнений двумерной модели распространения длинных гравитационных волн на основе гидродинамики в приближении теории мелкой воды.
2. Приведена численная модель, описывающая физически правильно распространение цунами с учетом землетрясения, которая реализует надежные оперативные и долгосрочные прогнозы, для планирования защиты населенных пунктов в последствии морских природных катастроф в виде мощнейшего цунами.

3. При дальнейших вычислениях и исследованиях данное математическое моделирование будет учитывать изменения глубины акватории океана.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Статья «Землетрясение в Японии 11 марта 2011 года: хроника событий», 2011 г.
2. Саваренский Е.Ф., Тшценко Б.Г., Святловский А.Е., Добровольский А. Д., Живаго А.В. Цунами 4-5 ноября 1952 г.
3. Стокер Дж. Дж. Волны на воде. Математическая теория и приложения. ИЛ. 1959 г.
4. Носов М. А. Математическое Моделирование. 2017. 29, № 12. С. 63.
5. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Учебное пособие. М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1986 г.
6. Н.Е. Кочин, И.А. Кибель, Н.В. Розе, Теоретическая гидромеханика Ч.1, 1963 г.

ОЦЕНКА ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ИОРДАНСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЯХ

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования. Оценка процесса управления рисками в иорданских строительных компаниях, а также собственно процесс управления рисками в рамках строительных проектов влияющий на эффективность реализации проектов строительства в Иордании.

Цели: исследование знаний по управлению рисками, которыми обладают участники проектов строительных компаний в Иордании, а также исследование препятствий, которые мешают строительным компаниям правильно управлять рисками.

Материалы и методы. Анализ литературы по управлению рисками, эмпирические данные, полученные анализом анкет и углубленных структурированных интервью с ключевыми специалистами в строительной отрасли Иордании.

Результаты. Обоснована и разработана анкета для оценки процесса управления рисками в иорданских строительных компаниях. Выполнена оценка этих процессов в одной из них, которая показала, работает ли строительная компания над проблемой управления рисками, как это описано в теории. Определены препятствия, которые мешают строительным компаниям правильно применять методологию управления рисками.

Выводы. Теоретические модели и процессы управления рисками неизвестны ключевым сотрудникам большинства строительных компаний Иордании. Обмен опытом и концепциями методологии управления рисками в строительной отрасли отсутствует, а используемые методы не так структурированы, как описано в теории. Восприятие действующих лиц в отрасли относительно риска и процесса управления рисками имеет большое значение для достижения целей проекта. Взаимодействие между управлением знаниями и рисками, и включением этих процессов в практику строительных компаний недостаточно используется среди подрядчиков, владельцев и проектировщиков.

ВВЕДЕНИЕ

Управление рисками, по мнению института управления проектами (PMI), является одной из девяти областей знаний, используемых в

строительных компаниях. Интеграция эффективного управления рисками считается важнейшим элементом и необходимым условием успеха строительного проекта. Строительные проекты можно охарактеризовать как чрезвычайно сложные, с известной степенью изменчивости. Поэтому управление рисками становится все более важным компонентом управления строительными проектами, при желании эффективно справляться с неожиданными событиями. Однако в течение многих лет строительная индустрия имела слабую репутацию из-за того, что изменения приводили к задержкам и несоответствию требуемому качеству и затратам. Цель эффективной процедуры управления рисками в строительных компаниях заключается в содействии принятию нейтральных к риску решений, которые, в свою очередь, приведёт к повышению производительности в строительных компаниях. Для достижения этой цели необходимы систематические методы, чтобы получить дополнительной информации о неопределенности проекта строительства объекта.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Внедрение различных методов для управления рисками [1], [2], [3], [4] и их оценки [5-15] не устранил всех рисков, но цель состоит в том, чтобы оценить риски таким образом, чтобы достигнуть общих целей проекта (Potts, 2008, [6]). Во время процесса строительства основная ответственность за устранение рисков возлагается на подрядчиков и проектировщиков. (Liu et al., 2007, [4]). Для эффективного управления рисками подрядчику необходимо понимать ответственности рисков и возможности управления рисками (Banaitene and A. Banaitis, 2012, [7]). Неэффективная реализация методологии управления рисками часто связана с отсутствием формализованных процедур [8], [9], отсутствием непрерывности на разных этапах проекта [10], [11] и неадекватной интеграцией управления знаниями и отсутствием взаимодействия между процессами и сторонами [12-15], [16-27].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводится с использованием смешанного подхода, который является общим для случаев, когда количественные и качественные методы сбора данных и процедуры анализа используются в проекте исследования. Таким образом, эта форма запроса объединяет две формы данных, и основное предположение такого подхода заключается в том, что сочетание качественного и количественного подходов способствует лучшему пониманию проблемы исследования, чем каждый из этих подходов по отдельности. Первый этап исследования был посвящен изучению области исследования и

формулированию предметов исследования. Следующий шаг включал подготовку набора структурированных вопросов для интервьюирования работников строительных организаций, а также составлению анкеты для опроса. Цели данного исследования заключаются в изучении практической реализации процесса управления рисками в строительном секторе Иордании.

Приглашение по электронной почте было отправлено большому количеству (более 100) иорданских строительных компаний, включая как мелкие, так и средние, и крупные. Целью было получить общее представление о строительных компаниях в отношении управления рисками. В анкете было 17 вопросов, разделенных на три части.

Часть 1: Оценка рисков в строительных компаниях.

Часть 2: Процесс управления рисками.

Часть 3: Знания в области управления рисками.

Анкета была составлена для того, чтобы понять отношение, знания и внедрение методологии управления рисками среди участников процессов в иорданских строительных компаниях, а интервью позволили провести углубленное изучение их взглядов в практике организационной реализации проектов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработанная анкета состояла из 17 вопросов, ответы в статистически обработанном виде представлены ниже.

Вопрос 1. Считаете ли вы, что строительные компании в Иордании придерживаются следующих критериев при реализации строительных проектов? (Качество. Время. Стоимость). В результате обработки ответов на вопрос 1 получены средние значения по критериям: «качество» - 2,7/5; «время» - 2,5/5; «стоимость» - 3/5.

Вопрос 2. Какой этап является наиболее важным для управления рисками в строительных компаниях? Отражение результатов анкетирования по вопросу 2, – «на каком этапе они считают управление рисками наиболее важным» - показало, что внедрение управления рисками на этапе строительства наиболее важно для (47%) респондентов, и на этапе проектирования (37%) респондентов.

Вопрос 3. Оцените, насколько строительные компании стремятся управлять перечисленными далее двенадцатью рисками: - производственными; - эксплуатационными; - экономическими; - маркетинговыми; - проектными; - технологическими; - социальными; - политическими; - правовыми; - общеэкономическими; - климатическими; - экологическими? Ответ большинства респондентов состоит в том, что строительные компании страдают от явной слабости в управлении определенными рисками, такими как: производственный

риск – 2,3; экономические риски -2,5; политические риски – 2,4; экологические риски -2,7. Респонденты выразили свое удовлетворение в отношении управления своими компаниями в отношении некоторых рисков, таких как: технологические риски – 2,95; проектные риски – 3,2; эксплуатационные риски - 2,9.

Вопрос 4. Как Вы оцениваете сотрудничество между участниками (подрядчиком, проектировщиком, заказчиком) в процессе управления рисками? Существует ли постоянная связь между участниками в процессе управления рисками? Обработка ответов респондентов показала, что отношения между участниками проекта в процессе управления рисками колеблется, при этом 39% респондентов ответили «низкое отношение», тогда как 43% респондентов ответили «среднее отношение».

Вопрос 5. Какой процесс управления рисками является наиболее важным при реализации строительных проектов? В результате обработки ответов на вопрос 5 получено: - идентификация рисков 73 %; - оценка риска 11 %; - реагирование на риск 11 %; - мониторинг рисков 5 %.

Вопрос 6. Как оцените выражение: " моя организация имеет четкий процесс (идентификации рисков, оценки риска, реагирования на риски, мониторинг рисков) при реализации строительных проектов"? В результате обработки ответов на вопрос 6 получены осредненные значения: - идентификация рисков 2,75/5; - оценка риска 2,8/5; - реагирование на риск 3/5; - мониторинг рисков 2,8/5.

Вопрос 7. Какой метод Вы используете для идентификации риска? В результате обработки ответов на вопрос 7 получены данные: - контрольный список 29% респондентов; - экспертные мнения 63% респондентов; - график проекта 20% респондентов; - выявленные ранее риски по аналогичным проектам 60% респондентов; - мозговой штурм 39% респондентов; - интервью 18% респондентов; - реализованные риски 19% респондентов; - иные доступные источники 1% респондентов; - нет метода 2% респондентов.

Вопрос 8. Какой метод качественной оценки риска Вы используете при оценке риска строительства? В результате обработки ответов на вопрос 8 получены данные: - оценка вероятности и воздействия 44%; - матрица рисков 17%; - классификация рисков или реестр рисков 28%; - нет метода 9%; - другой метод 1%.

Вопрос 9. Какой метод количественной оценки риска Вы используете при оценке риска строительства? В результате обработки ответов на вопрос 9 получены данные: - анализ вероятности 48%; - анализ чувствительности 11%; - анализ деревьев решений 7%; - не знаю 11%; - нет метода 20%; - другой метод 3%.

Вопрос 10. Как оцените выражение: «моя организация имеет четкий процесс реагирования на риски (уклонение от риска, передача риска, принятие риска, снижение риска) при реализации строительных проектов»? В результате обработки ответов на вопрос 10 получены данные: - уклонение от риска 21%; - передача риска 14%; - принятие риска 12%; - снижение риска 19%.

Вопрос 11. Как Вы воспринимаете риски в рамках строительных проектов? В результате обработки ответов на вопрос 11 получены данные: - негативное восприятие 4%; - позитивное восприятие 5% ; - оба варианта 91%.

Вопрос 12. Назовите основную(ые) причину(ы) недостаточного управления рисками в Вашей компании при реализации строительных проектов, которые приводят к задержкам и несоответствию требуемому качеству и увеличению затратам? В результате обработки ответов на вопрос 12 получены данные о причинах недостаточного управления рисками: - недостаток компетентности 70%; - недостаток информации 73%; - недостаток времени 22%; - недостаток ресурсов 40%; - не видим недостатков 7%; - другие причины 5%.

Анкета показала, что недостаточная компетентность была основной причиной неадекватного управления рисками в организациях респондентов. Далее следуют такие причины, как нехватка информации и нехватка ресурсов.

Вопрос 13. Проходили ли Вы какие-либо курсы по управлению рисками строительных проектов и насколько осведомлены Вы в этой области? И оцените свои знания в области управления рисками от 1 до 5? В результате обработки ответов на вопрос 13 получены данные: - да 27%; - нет 73%; - оценка 1 (нет знаний) 12%; - оценка 2 (что-то слышал) 10%; - оценка 3 (удовлетворительно) 46%; - оценка 4 (хорошо) 24%; - оценка 5 (отлично, очень хорошо осведомлены) 2%.

Вопрос 14. Осуществляется ли на базе Вашей организации дополнительное образование в области управления рисками в строительстве? Респондентам был задан вопрос о том, предоставляют ли их организации какие-либо курсы или другое образование в области управления рисками, и если да, то насколько они полезны или качественны для них. Приблизительно 38% респондентов заявили, что их организация предлагает обучение управлению рисками, а 62% - нет. Тем не менее, качество образования, предлагаемого организациями, варьировалось, анкета состояла из звездной шкалы от 1 до 5 баллов по качеству, и в среднем респонденты выбирали три звезды, что свидетельствует о средней удовлетворенности предоставленным образованием.

Вопрос 15. Как Вы формируете базу данных на основании опыта из предыдущих строительных проектов? В результате обработки ответов на вопрос 15 получены данные: - создание интервью (сообщества практики) 27.3%; - воркшоп - 36.4%; - создание хранилища знаний 30.9%; - нет методов 5.5%.

Вопрос 16. Перечислите существующие ограничения для передачи знаний и организационного обучения в рамках строительных проектов? В результате обработки ответов на вопрос 16 получены данные: - время 22%; - система 15%; - коммуникация 6%; - сбор данных 4%; - инструменты / методы 6%; - ресурсы 10%; - человеческий фактор 6%; - традиция и культура 8%; - нет препятствий 2%.

Вопрос 17. Насколько высок уровень коммуникации внутри компании относительно рисков курируемых строительных проектов? Оцените фразу, связанную с эффективностью методов управления рисками в вашей компании (У нас в компании хорошее и эффективное применение знаний о методах управления рисками строительных проектов)? В результате обработки ответов на вопрос 17 получено следующее. Большинство респондентов из примерно 61% выбрали вариант «частично согласен». Вариант «полностью согласен» был выбран 10% респондентов, в то время как примерно 21% выбрали вариант «частично не согласен». Тем не менее, можно наблюдать разницу, связанную с размером строительных компаний. Результаты показывают, что более крупные компании в целом менее удовлетворены информацией о рисках по сравнению с более мелкими компаниями.

ВЫВОДЫ

Теоретические модели и процессы управления рисками неизвестны ключевым сотрудникам большинства строительных компаний Иордании, методы управления рисками используются в некоторых строительных организациях, однако обмен опытом и концепциями методологии управления рисками в отрасли отсутствует, а используемые методы не так структурированы, как описано в теории.

Полученные данные свидетельствуют о том, что восприятие действующих лиц в отрасли относительно риска и процесса управления рисками имеет большое значение для достижения целей проекта. Результаты исследования указывают на то, что взаимодействие между управлением знаниями и рисками, и включением этих процессов в практику строительных компаний недостаточно используется среди подрядчиков, владельцев и проектировщиков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ekaterina Osipova* Risk management in construction projects: a comparative study of the different procurement options in Sweden. Luleå University of Technology. Dissertation (2008)
2. *Jaser Hmaid Abu Mousa* Risk Management in Construction Projects from Contractors and Owners" perspectives, Eng. The Islamic University of Gaza – Palestine. March, 2005.125 p.
3. *Ewelina Gajewska Mikaela Ropel* Risk Management Practices in a Construction Project – a case study. Chalmers university of technology. Sweden (2011) 60 p.
4. *Liu, J., Li, B., Lin, B., & Nguyen, V.* (2007). Key issues and challenges of risk management and insurance in China's construction industry. *Industrial Management and Data Systems*, 107 (3), 382-396.
5. *Anumba, J., Egbu, C., & Carrillo, P.* (2005). *Knowledge Management in Construction* (Vol. 1). Blackwell Publishing Ltd.
6. *Potts, K.* (2008). *Construction Cost Management: Learning from case studies*. London and New York: Taylor & Francis Group. 321 p.
7. *Banaitene, N., & Banaitis, A.* (2012). *Risk Management in Construction Projects*. Intech. <http://dx.doi.org/10.5772/51460>
8. *Baranoff, E., & Kahane, Y.* (2009). *Risk Management for Enterprises and Individuals*. Saylor Foundation.
9. *Bryman, A., Bell, E., Mills, A., & Yue, A.* (2011). *Business Research Methods* (Canadian Edition uppl.). Wynford Drive, Don Mills, Ontario: Oxford University Press Canada.
10. *Burke Johnson, R., & Onwuegbuzie, A.* (2004). Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. *American Educational Research Association*, 33 (No. 7), 14-26.
11. *Chan, H., & Wang, X.* (2013). *Fuzzy Hierarchical Model for Risk Assessment: Principles, Concepts, and Practical Applications*. London: Springer-Verlag.
12. *Chapman, C.* (1991). *Risk, in Investment, Procurement and Performance in Construction*. London: E & F.N. Spon (Chapman & Hall)
13. *Chapman, C., & Ward, S.* (2003). *Project risk management* (Second edition uppl.). John Wiley & Sons, Ltd.
14. *Chapman, R.* (2001). The controlling influences on effective risk identification and assessment for construction design management. *International Journal of Project Management*, 19.
15. *Cooper, D., Grey, S., Raymond, G., & Walker, P.* (2005). *Project Risk Management Guidelines: Managing Risk in Large Projects and Complex Procurements*. Southern Gate, Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

16. *Creswell, J.* (2013). *Research Desing: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches* (Vol. 4th Edition). Los Angeles, London, New Dehli, Singapore, Washington DC: SAGE Publications, Inc.
17. *Dehdasht, G., Zin, R., & Keyvanfar, A.* (2015). Risk classification and barrier of implementing risk management in oil and gas construction companies. *Jurnal Technology*.
18. *Eskesen, S., Tengborg, P., Kampmann, J., & Veicherts, T.* (2004). Guidelines for tunneling risk management: International Tunnelling Association, Wroking Group No. 2. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 19, 217-237.
19. *Flanagan, R., Jewell, C., & Johansson, J.* (2007). Riskhantering i praktiken. Byggnadsekonomi, Institutionen för bygg- och miljöteknik, Centrum för management i byggsektorn (CMB). Göteborg: Chalmers Repro.
20. *Frappaolo, C.* (2006). *Knowledge Management . Southern Gate Chichester, England: Capstone publishing Ltd. (A Wiley company)*.
21. *Hillson, D.* (2004). *Effective Opportunity Management for Projects: Exploiting Positive Risk*. Petersfield, Hampshire, UK: CRC, Taylor & Francis Group.
22. *Hillson, D., & Murray-Webster, R.* (2005). *Understanding and Managing Risk attitude*. Gower Publishing Limited.
23. *Hsu, S., & Shen, H.* (2005). Knowledge Management and its relationship with TQM. *Total Quality Management*, 16, 351-361.
24. *Karimiazari, A., Mousavi, N., Mousavi, F., & Hosseini, S.* (2010). Risk assessment model selection in construction industry. Elsevier.
25. *Khuzaimah, K., & Hassan, F.* (2012). Uncovering Tacit Knowledge in Construction Industry: Communities of Practice Approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 50, 343-349.
26. *King, W.* (2009). Knowledge Management and Orgaizational Learning. *Annals of Information Systems*, 4.
27. *Dario Petrovic* Risk Management in Construction Projects A Knowledge Management Perspective from Swedish Contractors (2017).

РАСЧЕТ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ПРИЧАЛЬНЫХ ПАЛОВ ДЛЯ КРУПНОТОННАЖНЫХ СУДОВ

Морской порт в Финском заливе расположен в 8 км от г. Приморск Выборгского района Ленинградской области на северо-восточном побережье пролива Бьеркезунд Финского залива Балтийского моря.

На изучаемой площадке какие-либо проявления физико-геологических процессов отсутствуют. Согласно карте районирования города по степени опасности проявления карстово-суффозионных процессов изучаемая площадка не является опасной.

На основании вышеизложенных выводов при проектировании данного сооружения рекомендуется

Причальные сооружения с высоким свайным ростверком в общем случае состоят из верхнего строения (включающего ростверк и надстройку) и свайного основания. Ростверк связывает все элементы сооружения в единую конструкцию, воспринимает все внешние нагрузки, передаваемые на причал, и распределяет их между сваями, которые передают нагрузки на грунт. Свайное основание возводим из металлических труб.

Существующие методы расчета рассматривают отбойный гибкий пал как стержень, погруженный в грунт основания и подвергающийся действию горизонтальной сосредоточенной силы. При расчете пала используется решение для гибкой балки на упругом основании в виде дифференциального уравнения, связывающего перемещение и реакцию грунта. Грунт основания пала представляется в виде опор, жесткость которых в общем виде зависит от перемещения пала. Расчет пала сводится к расчету гибкого стержня, погруженного в грунт основания, на действие горизонтальной силы. Задачей расчета является определение силы P , при которой обеспечиваются необходимые энергополагающая способность и прочность пала [1].

Рассмотрим изменение энергии в системе судно-отбойные устройства- причальное сооружение. В процессе навала на причальные сооружения кинетическая энергия движущегося судна переходит в потенциальную энергию деформации отбоев, конструкции причального сооружения и корпуса судна. Этот процесс сопровождается так же необратимыми потерями части энергии на разворот судна вследствие несовпадения точек приложения внешней силы с центром тяжести судна, на нагревание и остаточную деформацию корпуса и отбойных устройств и другие факторы.

Последовательность выполнения расчетов:

1) Пользуясь нормативными таблицами вычисляем значения коэффициентов μ и μ_2 ;

2) После чего определяем значение равнодействующей горизонтальной составляющей волнового давления на корпус судна;

3) Подставляя полученные значения в первоначальную формулу, с учетом заданных параметров D_i и σ получаем величину энергии навала $P_{мах}$;

4) По полученному значению энергии навала пользуясь совмещенным графиком деформативных характеристик отбоев, конструкции причала и корпуса судна, определяем величину усилия, действующего на причальные сооружения.

Рассмотрим также отдельно возведение каждого пала. Ростверки жёстко связаны со сваями посредством в них выпусков арматуры из свай. Для бетонирования монолитного ростверка требуется устройство опалубки, подвешиваемой на сваях. Соответственно оригинальному решению данного проекта она является несъёмной, предохраняя бетон от коррозии. В этом случае перед началом погружения стальных трубчатых свай необходимо изготовить металлическую опалубку (рис.1).

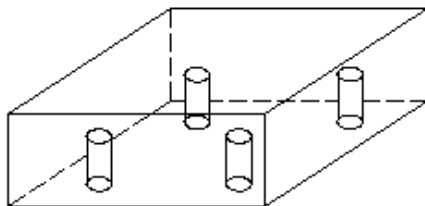


Рис. 1. Несъемная металлическая опалубка

После ее транспортировки и установки выполняется погружение свай подвесным молотом. Затем стыки каждой сваи обвариваются. Так как сваи выполнены в виде стальных труб, после забивки их заполняют грунтом, а после устанавливают бетонную пробку. Далее бетонуют сам ростверк, после чего устанавливаются швартовные тумбы и отбойные устройства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корзнев А.В., Пузырев В.В., Мартыненко Ф.А., Курочкин С.Н., Князев Е.С., Коробова И.Я. Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации береговых сооружений морского транспорта. М.: ЦРИА «МОРФЛОТ», 1982. с.94-99;

2. Никеров П.С., Тюрин А.П., Шихиев Ф.М. Нагрузки от судов на причальные сооружения. М.: ЦРИА «МОРФЛОТ», 1978. с.12-17.

СЕКЦИЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

Студентка 5 курса 10 группы ИГЭС А.С. Алмакаева

Научный руководитель – доцент, к-т техн. наук В.В. Сидоров

ОПЫТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГРУНТА В ОБЛАСТИ КОНТАКТА С ПОДЗЕМНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования: в статье рассматривается взаимодействие бетонных конструкций с грунтом, выполненное на основе лабораторных испытаний и численного моделирования.

Цели: изучение прочностных характеристик на контакте 2-х разнородных материалов; сравнение полученного значения коэффициента снижения прочности с нормативным значением, а также определение степени необходимости учета интерфейса при моделировании взаимодействия подземных конструкций с грунтовым массивом при проведении численных расчетов.

Материалы и методы: на приборе одноплоскостного среза был получен коэффициент снижения прочности (R_{inter}), характеризующий условия взаимодействия разнородных материалов на контакте. При помощи численного моделирования показано, как влияет учет или не учет, а также правильно заданные характеристики материала контактного элемента на внутренние усилия подземной конструкции.

Результаты: результаты испытаний показали, что диаметр частиц оказывает различное влияние на сдвиговую прочность при одном и том же уровне нормальных напряжений. С помощью численного моделирования показано, как влияет учет интерфейса на перемещения, деформации конструкций в грунте и на внутренние усилия, возникающие в их сечениях.

Выводы: по полученным результатам сделаны выводы о том, чему нужно уделить большее внимание при проведении лабораторных испытаний, насколько сильно влияет учет контактных элементов с правильным набором заданных свойств на внутренние усилия подземной конструкции в численном моделировании и перспективы дальнейшего исследования.

ВВЕДЕНИЕ

Взаимодействие между различными материалами конструкций и грунтами является важной проблемой в геотехнике. Она имеет широкое распространение при решении задач, связанных с расчетом подпорных

стен, шпунтовых ограждений, «стен в грунте», опускных колодцев и т.п. На определение предельного сопротивления сдвигу влияет множество факторов, таких как вид грунта, размер частиц, влажность грунта, плотность, относительная шероховатость, материал твердой поверхности, величина нормальных напряжений, однако, по результатам многочисленных исследований наибольшее влияние на сопротивление сдвигу оказывают влажность грунта и относительная шероховатость, подразумевающая под собой отношение шероховатости твердой поверхности по длине сдвига к среднему диаметру частиц грунта.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Данная тема исследовалась в ряде других работ, в том числе и зарубежных, например, в работе Liming Hu and Jialiu Pu (2004) [1] были проведены испытания на сдвиг по стальной пластине при ее различной шероховатости. В данной работе было показано два вида разрушения, в зависимости от относительной шероховатости и визуально определена толщина зоны сдвига грунта. Mohammadi, A, Ebadi, T, Eslami, A (2017) [6] исследовали влияние различной шероховатости бетонной поверхности на сопротивление сдвигу между песком и бетоном в приборе прямого сдвига. В работе Haeri, H ; Sarfarazi, V; Zhu, ZM (2019) [8] сдвиг осуществлялся между глинистым грунтом и бетонной поверхностью, и были сделаны выводы о том, что на предельное сопротивление сдвигу оказывают влияние шероховатость бетона и прикладываемое нормальное напряжение. Кроме того, в ряде других работ определялся коэффициент снижения прочности при разных уровнях нормальных напряжений и полученные значения варьировались от 0,4 до 0,9. В таблице 9.1 СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений представлена таблица значений коэффициента снижения прочности в зависимости от вида грунта, его степени влажности и консистенции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для испытаний использовались мелкие и крупные сухие пески, а в качестве твердой поверхности - бетонная плашка диаметром 71,4 мм и высотой 16 мм из цементно-песчаной смеси марки М300. Шлифовка бетонной поверхности крупной наждачной бумагой проводилась круговыми равномерными движениями для получения одинаковой шероховатости по всем направлениям. После испытания бетонный образец поворачивался на 30°, так как частицы песка при сдвиге могут образовывать борозды на бетонной поверхности, а также чтобы при следующем испытании частицы сдвигались не по уже сформированной траектории (борозде), а сдвигались по вновь образуемой. В противном

случае, полученные значения касательных напряжений будут занижены, так как предельное сопротивление сдвигу будет меньше.



Рис. 1. Приборы одноплоскостного среза

Всего было проведено 48 испытаний: 36 испытаний с мелкими песками и 12 испытаний с крупными. Испытания проводились на приборе одноплоскостного среза. Время предварительного уплотнения грунта составило 10 минут, скорость сдвига - 0,2 мм/мин. Для мелких песков зазор устанавливался величиной 0,2-0,4 мм, а для крупных песков - 1 мм. Величина зазора подбиралась таким образом, чтобы исключить выпадения оттуда частиц, таким образом получают более корректные результаты без потери материала.



Рис. 2. Песок крупный (слева) и песок мелкий (справа)



Рис. 3. Бетонные образцы для испытаний

При численном моделировании необходимо учитывать коэффициент снижения прочности в интерфейсе, чтобы корректно моделировать подвижный контакт между конструкцией и грунтом. Для определения его влияния на усилия, возникающие в конструкциях, а также на их перемещения и деформации, была смоделирована тестовая задача, рассчитанная в PLAXIS 2D 2018. В качестве конструкции была использована ограждающая железобетонная стена котлована, представленная в модели плитным элементом. Задача рассчитывалась в 3 этапа:

- 1) без постановки интерфейсов;
- 2) с интерфейсом при $R_{inter} = 1$;
- 3) с интерфейсом при $R_{inter} = 0,6$ (средние значения, полученные по результатам лабораторных испытаний).

Характеристики интерфейсам задавались не материалом прилегающего кластера грунта, а набором данных для материала интерфейса, при этом удельное сцепление равнялось 0 ($c = 0$), а угол внутреннего трения умножался на коэффициент R_{inter} .

Результаты исследования

Результаты 1-ой серии испытаний, проведенных с мелкими песками, представлены в таблице 1. Результаты 2-ой серии испытаний на крупных песках представлены в таблице 2. Коэффициент снижения прочности R_{inter} получен путем деления предельного сопротивления сдвигу грунта по бетону на предельное сопротивление сдвигу грунта по грунту.

Табл. 1. Результаты испытаний

Серия №1 (мелкий песок)				Серия №2 (крупный песок)			
№	τ_{cp} , кПа		R_{inter}	№	τ_{cp} , кПа		R_{inter}
1	28,8	16,7	0,58	1	27,9	28,8	1,03
2	28,5	19	0,67	2	27,9	28,8	1,03
3	28,5	17,4	0,61	3	27,9	28,8	1,03
4	27,0	14,1	0,52	4	27,9	28,8	1,03
5	27,5	19,5	0,71	5	27,9	28,8	1,03
6	27,9	16	0,57	6	27,9	25,2	0,9
7	27,9	16,1	0,58				
8	27,9	16,1	0,58				
9	27,9	18,7	0,67				
10	27,9	17	0,61				
11	27,9	16,7	0,60				
12	27,9	14,4	0,52				

13	27,9	9,5	0,34
14	27,9	10,2	0,37
15	27,9	10,3	0,37
16	27,9	10,5	0,38
17	27,9	9,5	0,34
18	27,9	22,3	0,8

По результатам 1-ой серии испытаний коэффициент снижения прочности R_{inter} варьируется от 0,34 до 0,8. Большинство испытаний показывают результаты значений R_{inter} в диапазоне от 0,52 до 0,71, что, в целом, соответствует предполагаемому диапазону значений в соответствии с актуальными нормативными документами. Однако 6 результатов сильно выбиваются из названного диапазона, что является не реалистичным с точки зрения физики процесса и для данного этапа исследования были отбракованы. Получение некорректных значений может объясняться тем, что у мелкопеска размер частиц намного меньше размера зазора. При сдвиге в зазор укладывается несколько рядов частиц, поэтому сдвиг происходит как по бетону, так и по грунту, что приводит к завышенному значению предельного сопротивления сдвигу. Отсюда возникает необходимость изучения толщины контактной зоны сдвига грунта, которая вовлекается в работу и определяет величину сопротивления. Однако при уменьшении величины зазора может произойти заклинивание частиц. В этом случае зазор будет препятствовать эффекту дилатансии, повороту и перекачиванию частиц, следовательно, сдвиг будет происходить по специфическому сценарию, который будет отличаться от сдвига, имеющего некоторую рабочую толщину из нескольких слоев частиц. Также существует вероятность некорректной работы прибора из-за заклинивания, поэтому результаты могут выбиваться из общего диапазона получаемых значений.

После отбраковки результатов среднее значение полученного коэффициента снижения прочности равно $R_{inter} = 0,6$, что является схожим с тем, который представлен в таблице 9.1 СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений и равен 0,67.

По результатам 2-ой серии видно, что сопротивление сдвигу между крупным песком и бетонным образцом несколько выше, чем сопротивление сдвигу по грунту. Коэффициент $R_{inter} = 1,03$, т. е. практически равен 1. Такое явление может объясняться тем, что из-за размера зазора, сопоставимого с размерами частиц песка, контакт обеспечивает непосредственное трение между частицей (отдельностью скальной породы) и бетонным камнем. Поскольку твердость частиц песка равна или превышает твердость бетона на контактной поверхности, могут образовываться характерные борозды, что делает

необходимым поворачивать бетонную плашку от испытания к испытанию для обеспечения сравнимых условий экспериментов.

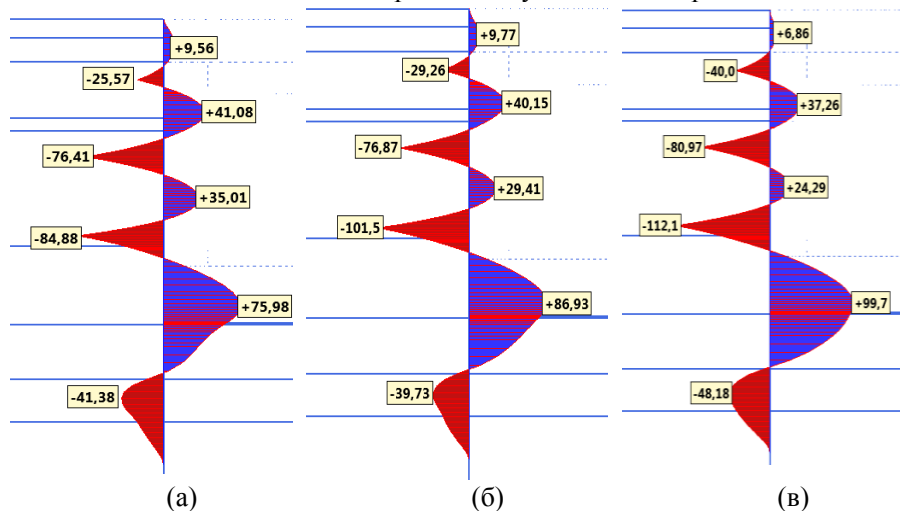


Рис. 4. Изгибающие моменты железобетонного ограждения котлована: (а) без интерфейсов, (б) с интерфейсом ($R_{inter} = 1$), (в) с интерфейсом ($R_{inter} = 0,6$)

На рисунках представлены эпюры изгибающих моментов ограждающей конструкции, полученные на момент полной откопки котлована. По ним можно видеть, что с появлением интерфейса на контакте «грунт-стена» изгибающий момент изменяется на 15%, при снижении на контакте прочностных характеристик изгибающий момент увеличивается еще на 10%. Т. е. разница между задачей без использования контактного элемента и задачей с учетом контактных элементов и с учетом сниженных прочностных характеристик достигает 25%. Кроме того, следует отметить, что изменение величины момента по стене не является равномерным. Таким образом, можно сделать вывод, что учитывать и корректно задавать интерфейсные элементы при моделировании необходимо, т. к. в реальности жесткость на контакте «грунт-стена» будет меньше, следовательно, на контакте материалов может иметь место проскальзывание, отрыв и соответствующее параметрам контакта перемещение.

ВЫВОДЫ

1. Испытания на одноплоскостной срез показали большой разброс значений для испытаний между мелким песком и бетонным образцом,

так как процесс сдвига является чувствительным к величине зазора. Его величина должна выбираться в зависимости от размера зерна: если зазор меньше размера частицы, тогда будет происходить заклинивание частиц, препятствующее формированию некоторого контактного слоя, включаемого в работу, однако, если зазор будет превосходить размер частицы, тогда в зазор будет укладываться несколько рядов частиц, вследствие чего сдвиг будет происходить как по бетонной поверхности, так и по грунту.

2. Испытания, проведенные с крупным песком, показали хорошую повторяемость результатов получаемых значений предельного сопротивления сдвигу и, соответственно, коэффициентов снижения прочности.

3. Численное моделирование показало, что изгибающий момент в ограждающей железобетонной стене котлована увеличивается на 25% при использовании контактных элементов с определенным в лаборатории набором заданных свойств, что значительно влияет на дальнейшее проектирование этой конструкции в плане армирования и выбора материала.

4. Кроме коэффициента снижения прочности необходимо также учитывать толщину зоны сдвига грунта (толщину интерфейса). Так как с уменьшением величины частиц увеличивается число рядов, вовлекаемых в процесс сдвига. Соответственно, этот фактор будет влиять на предельное сопротивление сдвигу. Однако на данный момент данный фактор имеет слабую изученность в международной научной практике, что делает его интересным для дальнейших исследований процессов, происходящих при взаимодействии строительных конструкций с грунтовым массивом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Liming Hu, Jialiu Pu / Testing and Modeling of Soil-Structure Interface / Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 130, Issue 8, August 2004.

2. Hisham T. Eid, Ruslan S. Amarasinghe, Khaled H. Rabie, and Dharma Wijewickreme / Residual shear strength of fine-grained soils and soil–solid interfaces at low effective normal stresses, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 52, Issue 2, Feb 2015.

3. J. G. Potyondy, M.Eng. / Skin friction between various soils and construction materials, géotechnique, Vol. 37, Issue 1, Mar 1987.

4. 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.

5. Jiang, SY (Jiang, Shouyan; Du, CB (Du, Chengbin; Sun, LG (Sun, Ligu) / Numerical analysis of sheet pile wall structure considering soil-structure interaction, *Geomechanics and Engineering Journal*, Vol. 16, Issue 3, Oct 2018.

6. Mohammadi, A, Ebadi, T, Eslami, A / Shear strength behavior of crude oil contaminated sand-concrete, interface, *Geomechanics and Engineering Journal*, Vol. 12, Issue 2, Feb 2017.

7. 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.

8. Haeri, H ; Sarfarazi, V; Zhu, ZM; / Investigation of shear behavior of soil-concrete interface, *Smart Structures and Systems Journal*, Vol. 23, Issue 1, Jan 2019.

9. Ilori, AO; Udoh, NE ; Umenge, JI / 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.

10. Chen, XB; Zhang, JS; Xiao, YJ; 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.

11. Xu, ZH, Zhang, GD, Liao, W, Liao, AM 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.

12. Du, P, Liu, XL, Yang, B / Numerical Simulation Study on the Failure Mode of Soil-structure Contact Interface, *AER-Advances in Engineering Research*, Vol. 15, 2015.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ОСАДКИ ФУНДАМЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ВИБРОПОЛЗУЧЕСТИ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Данное исследование посвящено взаимодействию грунтовой среды и фундаментов при вибрационных и циклических нагрузках, возникающих от действия динамических машин промышленных зданий и сооружений. В работе представлен механизм по определению поведения песчаного грунта при циклических нагрузках на примере испытания в приборе трехосного сжатия с возможностью создания динамического нагружения. В ходе заключительного этапа испытаний были получены значения дополнительных деформаций образца вследствие действия вертикальной динамической нагрузки заданной частоты в условиях консолидированно-дренированного (КД) трехосного сжатия. Получен коэффициент виброползучести, который дает возможность определить пониженный модуль деформации, что позволяет применять его в расчетах осадок методом послойного суммирования. Приведены график зависимости модуля деформации от давления всестороннего обжатия и график зависимости вертикальной деформации от количества циклов «нагрузка –разгрузка». Представлена возможность получения коэффициента виброползучести для разных типов песчаных грунтов в табличной форме.

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании промышленных зданий и сооружений важным фактором является учет циклических и вибрационных воздействий, передаваемых на основания и фундаменты промышленного оборудования различных конструкций, например, фундаменты кузнечных молотов, оборудования копровых бойных площадок, дробилок, мельничных установок и многие другие машины, вызывающие данный вид нагрузок.

Проектирование фундаментов машин с динамическими нагрузками связано с характером возникновения сил, которые оказывают сложное механическое воздействие на основание, так как они изменяются во времени по величине и направлению, вызывая в грунтах сложное напряженно-деформированное состояние (НДС).

Из опыта строительной практики известно, что для динамического оборудования существует необходимость устраивать отдельные фундаменты с различными демпфирующими устройствами. Такое

конструктивное решение позволяет снизить влияние на здание в целом, но существуют случаи, в которых к осадкам фундамента под динамической установкой предъявляются повышенные требования. К таким видам установок относятся, например, турбины гидроэлектростанций. Таким образом, данная задача является актуальной при проектировании оснований и фундаментов промышленных зданий.

Отечественные и зарубежные нормы проектирования, такие как - СП 22.13330 «Основания и фундаменты зданий и сооружений», СП 26.13330 «Фундаменты машин с динамическими воздействиями» и EN 1997-1: Eurocode 7 «Геотехническое проектирование» [2-4] предписывают: производить расчет длительных дополнительных осадок от совместного действия статических и динамических нагрузок (виброползучесть – накопление объемных и сдвиговых деформаций в дисперсных грунтах при длительных вибрационных нагрузках). Этот расчет допускается производить, принимая при этом уменьшенные значения модулей деформации грунтов, которые должны определяться, как правило, по результатам испытаний. Данная методика проста для применения в инженерной практике и доступна широкому кругу специалистов. По мнению авторов, данная методика подходит для предварительного анализа виброползучести грунтов, однако трудность её использования заключается в необходимости определения пониженных значений модуля деформации при помощи лабораторных испытаний образцов грунта для каждого случая.

Целью данной работы является демонстрация возможности получения табулированных усредненных коэффициентов для различных типов грунтов, которые позволят получить пониженные модули деформации для расчета по 2-му предельному состоянию. Это является достаточно удобным способом для получения предварительных осадок без трудоемких испытаний.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Данная работа посвящена исследованию грунтовой среды при вибрационных и циклических нагрузках, с точки зрения механики деформированного твердого тела она является достаточно сложной, т.к. свойства грунтов и воздействия на них не могут быть заданы заранее, следовательно, невозможно прогнозировать сложившиеся по различным обстоятельствам исходные и результирующие напряженно-деформированные состояния грунтовой толщи.

Общие вопросы по исследуемой в настоящей работе тематике рассматривались в трудах многих отечественных и зарубежных авторов: Вознесенский Е.А. [5], Иванов П.Л. [6], Соболев Е.С. [7], Тер-

Мартирисян З.Г. [8], Тер-Мартирисян А.З. [9], Лушников В.В. [10], Цытович Н.А. [11], Ishihara K. [12], Seed H.B. [14], Idriss I.M. [13], и многих других.

В работах перечисленных выше ученых разработаны основы описания механических свойств грунтов в допредельном и в предельном состояниях при статическом и циклическом воздействиях, отмечается важность количественной оценки дополнительных деформаций грунтов при различных циклических воздействиях.

В лабораторных условиях исследования реологических и виброреологических свойств грунтов на различного рода динамические нагрузки воспроизводятся путем применения различных установок, например, вибростабилометров, вибростолов и др.

Применяемый в данной работе механизм по определению поведения образца песка при циклических нагрузках в приборе трехосного сжатия был показан Сидом и Ли (Seed, Lee, 1966). В своем опыте они уплотняли водонасыщенный грунт обжимающим давлением и прикладывали ряд циклических нагрузок с постоянной амплитудой колебаний до возникновения осевых деформаций. В результате они получали увеличение давления поровой воды, которое достигало начального обжимающего давления, что приводило к развитию осевой деформации (разжижение).

Так же в рамках данной работы проанализированы российские и зарубежные строительные нормы и правила, в которых отдельным пунктом прописана необходимость учета динамических нагрузений от машин промышленных зданий и применение их в расчетах по второму предельному состоянию (расчет осадок) [2,4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оборудование применяемое для проведения эксперимента: сервогидравлическая нагрузочная рама, камера трехосного сжатия типа "А" (для образцов высотой 140 мм и диаметром 70 мм), блок управления сервогидравлическим приводом, блок обработки данных, поступающих с датчиков давлений и перемещений, блок управления давлением воздуха, разделитель сред и управляющий компьютер (измеряющий следующие величины: вертикальное осевое усилие (датчик силы на штоке поршня), вертикальное перемещение верхнего штампа (LVDT-датчик на штоке), давление в камере (блок управления давлением воздуха), давление поровой жидкости (датчик давления в нижнем штампе).

Принятый порядок проведения испытания: образцы песчаного грунта заданной плотности сухого грунта ($1,67 \text{ г/см}^3$), близкой к

природной, помещались в камеру трехосного прибора, после чего производилось их полное водонасыщение дистиллированной водой.

После завершения водонасыщения к образцу прикладывалось всестороннее давление, равное бытовому на заданной глубине (2,7м, 5,4м, 8,1м) и проводился этап консолидации в условиях открытого дренажа. Давление всестороннего обжатия для каждого образца грунта равнялось – 50, 100, 150 кПа.

После приложения девиатора статической нагрузки, принятой 50 кПа (что соответствует давлению под подошвой фундамента) и стабилизации деформаций к образцу прикладывалась вибрационная нагрузка с частотой 100 Гц (такие колебания характерны для некоторых типов турбоагрегатов) и количеством циклов «нагрузка – разгрузка» 15000.

В ходе заключительного этапа испытания были получены значения дополнительных деформаций образца вследствие действия вертикальной динамической нагрузки заданной частоты в условиях консолидированно-дренированного (КД) трехосного сжатия.

После обработки данных, полученных в ходе испытаний, были получены значения коэффициента виброползучести ($K_{вп}$) на этапе вибрационного нагружения для каждого образца при одной частоте нагружения.

Расчет велся с учетом следующих зависимостей: для учёта виброползучести грунтов используется добавочный коэффициент ($K_{вп}$) [7], снижающий величину статического модуля общей деформации. Этот подход к прогнозу виброползучести грунтов может быть назван квазистатическим, так как он осуществляется в рамках обычных статических методов расчёта осадок оснований сооружений. Значения коэффициента виброползучести для исследуемых грунтов, вычислялись по следующей зависимости:

$$K_{вп} = \left(\frac{\Delta \varepsilon_c}{\Delta \varepsilon_c + \Delta \varepsilon_g} \right),$$

где $\Delta \varepsilon_c$ и $\Delta \varepsilon_g$ - приращения деформации от статического и динамического нагружения в заданном диапазоне напряжений, д.е.;

Модуль деформации грунта с учётом деформации виброползучести можно определять по формуле:

$$E_{вп} = K_{вп} \cdot E_c,$$

где $E_{вп} = \sigma_z \beta / (\varepsilon_c + \varepsilon_g)$; $E_c = (\sigma_z / \varepsilon_c) \cdot \beta$;

E_c – модуль деформаций по результатам статических испытаний, кПа;

$E_{вп}$ – скорректированное значение модуля деформации по результатам динамических вибрационных испытаний грунтов, кПа;

$K_{вп}$ – коэффициент виброползучести, д.е.

β – безразмерный коэффициент, учитывающий отсутствие бокового расширения грунта при определении осадок, в соответствии с рекомендациями [2] принимается равным 0,8.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты динамических испытаний трех образцов, представлены на рисунках 1, 2. Кроме того, по результатам испытаний составлена сводная таблица полученных в ходе испытаний и расчетов параметров (см. табл. 1).

В таблице 1 представлены значения для трех динамических испытаний, при разных давлениях всестороннего обжатия. Первая и вторая строки соответственно приращения деформации от статического и динамического нагружения в заданном диапазоне напряжений, д.е ($\Delta\epsilon_c$ и $\Delta\epsilon_g$), третья строка – модуль деформаций по результатам статических испытаний, кПа, четвертая – коэффициент виброползучести, вычисленный по формуле (1), пятая - скорректированное значение модуля деформации по результатам динамических вибрационных испытаний грунтов с помощью коэффициента ползучести по формуле (2).

Табл.1. Сводная таблица результатов динамических трехосных испытаний

σ_z , кПа	50	100	150
$\Delta\epsilon_c$, д.е.	$3,83 \times 10^{-4}$	$3,24 \times 10^{-4}$	$1,78 \times 10^{-4}$
$\Delta\epsilon_g$, д.е.	$8,32 \times 10^{-5}$	$4,01 \times 10^{-5}$	$3,14 \times 10^{-5}$
E_c , кПа	106302	120503	223324
$K_{вп}$	0,82	0,89	0,85
$E_{вп}$, кПа	87167,6	107247,7	189825,4

Ниже представлен график зависимости статического и динамического модулей деформации от давления всестороннего обжатия. На рис. 1 видно, что с увеличением давления всестороннего обжатия растет модуль деформации. Также на графике представлена зависимость динамического модуля деформации, полученная по формуле (2).

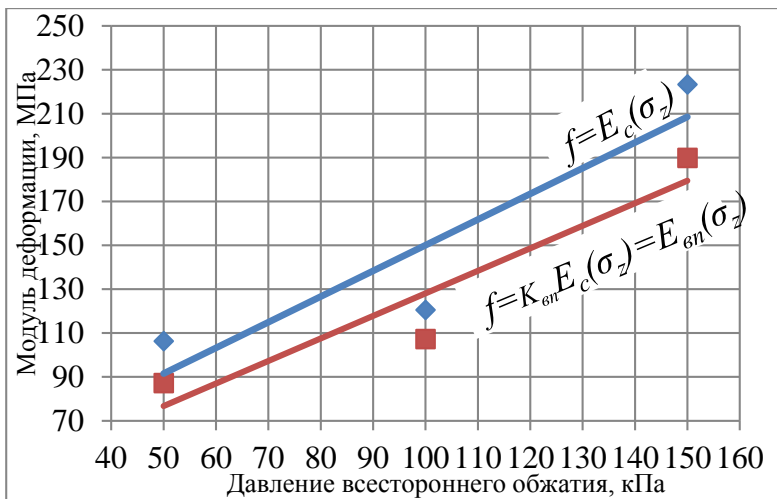


Рис. 1. График зависимости статического и динамического модулей деформации от давления всестороннего обжатия

Далее представлен график зависимости вертикальной деформации от количества циклов «нагрузка – разгрузка», при трех различных значениях всестороннего давления (рис. 2).

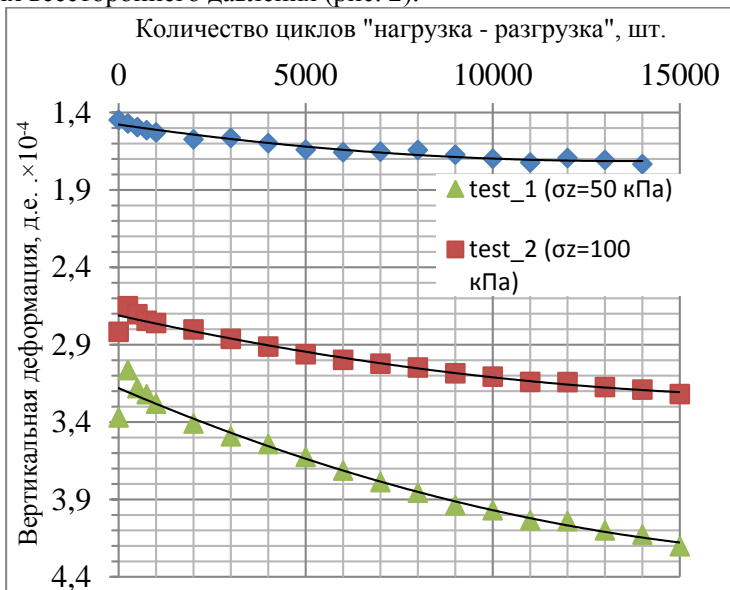


Рис. 2. График зависимость вертикальной деформации от количества циклов «нагрузка –разгрузка»

На графике видно, что при увеличении циклов «нагрузки-разгрузки» растет вертикальная деформация, что подтверждает наличие виброползучести.

Результаты исследований показывают, что с увеличением всестороннего давления на образец грунта дополнительные деформации виброползучести уменьшаются. Это демонстрируется уменьшением крутизны графиков зависимости «вертикальная деформация – количество циклов» с увеличением величины всестороннего обжатия.

ВЫВОДЫ

Анализируя результаты проведенных исследований можно сделать следующие основные выводы:

1. с увеличением всестороннего обжатия образца грунта увеличивается модуль деформации;

2. с увеличением количества циклов «нагрузка – разгрузка», при динамическом нагружении увеличивается вертикальная деформация, этот факт подтверждает, что грунт обладает виброползучестью;

3. из-за ограниченного числа испытаний не удалось установить достоверные зависимости между давлением всестороннего обжатия и коэффициентом виброползучести;

4. из проведенных лабораторных экспериментов видно, что модуль деформации с учетом коэффициента виброползучести уменьшается в среднем на 15%;

5. полученное значение коэффициента виброползучести ($K_{вп}$) и уменьшенного модуля деформации можно применить для данного типа грунта в расчетах осадок методом послойного суммирования.

Основным выводом по результатам проведенных исследований следует отметить, что существует возможность получения коэффициента виброползучести для разных типов песчаных грунтов в табличной форме (см. табл. 1). Выполнив подобные исследования для прочих разновидностей песчаных и пылевато-глинистых грунтов можно создать табулированные значения для получения пониженного модуля деформации и как следствие упростить расчет предварительных осадок фундаментов от вибрационных и циклических нагрузок промышленных зданий и сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах
2. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений

3. СП 26.13330.2012 Фундаменты машин с динамическими воздействиями
4. Р. Франк, К. Баудуин, Р. Дрисколл, М. Каввадас, Н. Кребес Овесен, Т. Орт, Б. Шунперн Руководство для проектировщиков к Еврокоду 7 // МГСУ. 2013. С. 185.
5. Вознесенский Е.А. Динамическая неустойчивость грунтов М.: Издательство "Эдиториал". 1999. 264 с.
6. Иванов П.Л. Разжижение песчаных грунтов. Ленинград: Госэнергоиздат. 1962. 260 с.
7. Соболев Е.С. Ползучесть и виброползучесть песчаных грунтов оснований зданий и сооружений. Дисс... канд. техн. наук. Москва. 2014. 64 с.
8. Тер-Мартirosян З.Г. Реологические параметры грунтов и расчёты оснований сооружений. М.: Стройиздат. 1990. 200 с.
9. Тер-Мартirosян А.З. Взаимодействие фундаментов с основанием при циклических и вибрационных воздействиях с учетом реологических свойств грунтов. Дисс... канд. техн. наук. Москва. 2010. 190 с.
10. Лушников В.В., Оржиховская Р.Я., Оржиховский Ю.Р. Модель упрочняющейся разномодульной грунтовой среды. Межвузовский сборник «Основания и фундаменты в геологических условиях Урала». Пермь. 1987. С. 72-78.
11. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс) / Уч. для вузов, 2-е изд. М.: Высшая школа. 1983. 282 с.
12. Ishihara K. Поведение грунтов при землетрясениях. СПб: НПО "Геореконструкция-Фундаментпроект". 2006. 384 с.
13. Idriss I. M., Seed H. B. Response of Earth Banks during earthquakes // Journal of the soil mechanics and foundations division. ASCE. 1976. №3 Vol. 93. pp. 61-82.
14. Seed H. B. Consideration in the Earthquake-Resistance design of earth and rock fill dams // Geotechnique. 1979. № 3: Vol. 29. pp. 215-263.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования: В данной статье представлена аналитическая информация о качестве поверхностных вод Курской области. Выявлены проблемные показатели и предложены пути их устранения.

Цели: Анализ современного состояния поверхностных вод Курской области.

Материалы и методы: официальные сайты Администрации Курской области и департамента экологической безопасности и природопользования Курской области. Методы исследования представлены изучением и анализом данных.

Результаты: Повышенное содержание в водных объектах марганца, меди, железа общего, цинка, нитритов, фосфатов, азота аммонийного, органических веществ определяются

Выводы: Повышенное содержание в водных объектах марганца, меди, железа общего, цинка является фактором природного происхождения. Повышенное содержание в реке нитритов, фосфатов, азота аммонийного, органических веществ определяются в основном антропогенным фактором. Рекомендации по снижению данных показателей приведены ниже.

ВВЕДЕНИЕ

Экологическое состояние поверхностных и подземных вод влияет на флору и фауну, здоровье и жизнь людей, на возможность устойчивого развития, а также экологическое состояние грунтов, через которые протекают подземные воды и через другие сопредельные среды. Поэтому людям необходимо контролировать общее экологическое состояние территории для своей безопасности и благополучия, в том числе и состояние поверхностных и подземных вод.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Данная проблема является актуальной. Так, например, в статье Теличенко В.И., Курочкиной В.А., Кирова Б.Л. «Экологическая безопасность, использование и охрана водных объектов на урбанизированных территориях»[1] рассматривается проблема экологической безопасности водных объектов в условиях интенсивного

техногенного и антропогенного воздействия, а в статье Богомоловой Т.Г., Курочкиной В.А «Загрязнение речных русел на урбанизированных территориях и проблемы их очистки для улучшения экологического состояния»[2] рассматриваются возможности приблизительной оценки степени загрязненности речных русел в пределах урбанизированных территорий органическими веществами и иловыми отложениями с использованием удельных укрупненных показателей при разработке инженерных мероприятий по очистке русел. Информационной базой данной статьи является «Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2017 году» [3], опубликованный на сайте Администрации Курской области.

Таким образом, вопрос загрязненности поверхностных вод является очень важным для изучения. В данной статье рассматривается состояние поверхностных вод Курской области.

Материалы и методы

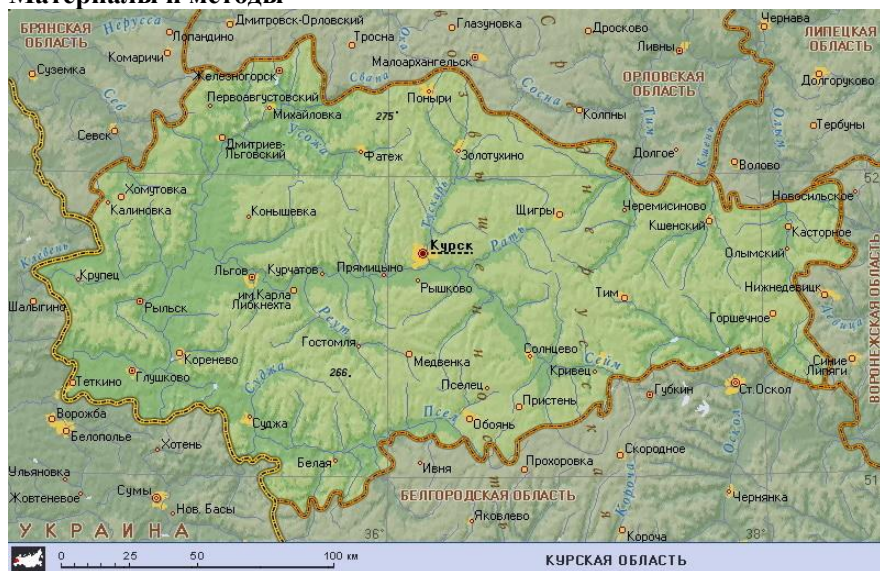


Рис 1. Карта Курской области

Курская область расположена в бассейнах рек Днепр и Дон (соответственно 78 % и 22 % территории области). Всего в области насчитывается 902 водотока (постоянных и временных), из которых 188 имеют длину более 10 км.

Из наиболее значимых рек к бассейну Днепра относятся Сейм (приток Десны) со своими притоками Тускарь и Свапа, а также Псел

(приток Днепра). Бассейн Дона представляют верховья рек Тим, Кшень, Олым (все – притоки реки Сосна), а также Оскол (приток реки Северский Донец). Крупных озер и болот на территории области нет.

Основной объем промышленного и коммунального водопотребления в области приходится на реку Сейм с притоками Тускарь и Свапа, где размещены крупнейшие промышленные центры – города Курск (предприятия теплоэнергетики, машиностроения, химической промышленности), Железногорск (ОАО «Михайловский горно-обогатительный комбинат»), Курчатов (филиал концерна «Росэнергоатом» «Курская атомная электростанция»).

Гидрологический режим рек Курской области (на территории Днепровского бассейнового округа) характеризуется данными наблюдений на 12-ти гидрологических постах управления Росгидромета, в том числе с 3-х постов (Сейм-Рышково, Сейм-Рыльск, Тускарь-Курск) поступает гидрологическая информация ежедневно. С остальных постов – только в период весеннего половодья. В 2017 году объем годового стока рек Курской области составил 2700 млн м³ /год, что соответствует маловодному году 80%-ной обеспеченности. Средние многолетние естественные ресурсы речного стока составляют по Курской области 3600 млн м³ /год.

Особенности гидрологического режима 2017 года характеризуются по данным наблюдений репрезентативного гидрологического поста Рышково на реке Сейм (в черте города Курска). В зимний период 2016-2017 г.г. наблюдалась водность рек обеспеченностью выше средней. Сложившаяся невысокая водность отчетного года ($P \approx 80\%$) обусловлена низким объемом стока весеннего половодья (обеспеченность максимального расхода половодья не превысила 95 %). В летний период (июнь–сентябрь) обеспеченность средних месячных расходов воды по важнейшим рекам области составила около 45 %. Расходы воды по г.п. Сейм–Рышково в августе–сентябре составили около 75 % обеспеченности средних летне-осенних расходов воды, в ноябре увеличились до 10–15 % обеспеченности. Сток декабря 2017 г. составляет менее 10 % обеспеченности средних расходов воды за зимний период. Колебания климата и водности рек на водохозяйственную обстановку в области существенного влияния не оказали.

Для анализа состояния поверхностных вод Курской области применялись концентрации загрязняющих веществ: ХПК, БПК₅, азот аммонийный, азот нитритный, железо общее, медь, нефтепродукты, фосфаты [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экологическое состояние водных объектов зависит непосредственно от качественных показателей водной среды. Качественный состав водных объектов на территории Курской области, в первую очередь, зависит от природных условий и состава почвогрунтов. Превышение ПДК в водных объектах по железу, меди, марганцу является природным фактором, который, в конечном итоге, оказывается определяющим при общей оценке качества поверхностных вод, нередко превышая влияние сбросов сточных вод предприятий промышленности и ЖКХ, а также неорганизованное поступление загрязняющих веществ с поверхности водосбора. Наблюдения за химическим составом поверхностных вод Курской области (бассейн р. Днепр) осуществляются комплексной лабораторией ФГБУ «Центрально-Черноземное УГМС» в 20 створах, 11 пунктах. Случаев экстремально высокого загрязнения в отчетном году не отмечено.

На контролируемых водных объектах, повысившись в 2 раза, возросло до 90 % (в 2016 г. – 45 %) и стало преобладающим число створов, где вода получила характеристику по качественным показателям «слабо загрязненная». Стабильно «слабо загрязненной» остается вода р. Сейм у г. Льгова и р.п. Теткино, р. Тускарь у м. Свободы, р. Реут у г. Курчатова, р. Псел у г. Обояни и с. Горналь на границе с Украиной. По сравнению с прошлым годом, улучшилась по качеству и перешла из категории «загрязненная» в «слабо загрязненную» вода р. Сейм у г. Рыльска, р. Свапа у сл. Михайловка и г. Дмитриева. Вода 10 % створов рек от общего их количества имеет характеристику «загрязненная» (в 2016 г. – 50 %). Этим критериям по-прежнему соответствует вода р. Сейм и Тускарь у г. Курска. По рекам Курской области в 2017 г. не зафиксированы водные объекты с водой «очень загрязненной» (2016 г. – 5 %), «грязной» и «условно чистой».

По результатам гидрохимических наблюдений (рис.2), для поверхностных водных объектов области характерными загрязняющими веществами неизменно являются органические вещества по ХПК и соединения меди. По этим ингредиентам превышения ПДК зафиксированы в 69 % и 56 % проб, что ниже уровня прошлого года в 1,3 раза и 1,6 раза соответственно (в 2016 г. по обоим веществам отмечалось по 88 % нарушений нормативов от общего числа проб). Повысилась в 2,1 раза (с 19 % в прошлом году до 40 % в 2017 г.) и стала устойчивой, перейдя из неустойчивой, загрязненность азотом нитритным. Возросла до 10 % (2016 г. – 5 %) и фиксируется как неустойчивая загрязненность фосфатами. Снизилась в 1,4 раза до 26 % (2016 г. – 37 %) и перешла в разряд неустойчивой из устойчивой загрязненность соединениями железа общего. В 2,3 раза уменьшилось число проб с превышениями

нормативов по нефтепродуктам – с 28 % в 2016 г. до 12 % в 2017 г. Оба года загрязненность этим веществом неустойчивая. Фиксировались единичные случаи превышения ПДК: - по органическим веществам по БПК5 – 4 % проб (2016 г. – 3 %); - азоту аммонийному (2016 г. – 3 %) и АСПАВ (2016 г. без превышений) – каждый по 1 %.



Рис. 2. Соотношение повторяемости концентраций выше ПДК (%) загрязняющих веществ в поверхностных водах Курской области в 2016 и 2017 г.г.

ВЫВОДЫ

Основные проблемы по качественным показателям водных объектов на протяжении последних лет является ХПК, мед, железо, нефтепродукты, азот нитритный.

Но при этом, если повышенное содержание в водных объектах Курской области марганца, меди, железа общего, является в большей мере фактором природного происхождения, то повышенное содержание в реке нитритов, фосфатов, азота аммонийного, органических веществ (ХПК, БПК) обуславливается в основном антропогенным фактором.

Увеличение в последние годы содержания фосфатов и нитритов связано с бурным развитием сельского хозяйства в регионе. При таких темпах развития сельского хозяйства нужно обеспечить безопасное для человека развитие данной отрасли. Рекомендуется проводить природоохранные мероприятия, к которым относятся такие мероприятия как: 1) внесение в с-х цикл технологий, направленных на снижение загрязняющих веществ, 2) рекультивационно-восстановительные мероприятия, 3) организация системы мониторинга в местах интенсивной сельскохозяйственной деятельности, 4) также мероприятия, направленные на снижение поступления загрязняющих веществ в водные объекты прилегающих территорий.

Повышенное содержание марганца, меди, железа обуславливается высоким фоновым содержанием этих элементов. Но все же антропогенная нагрузка привносит свою лепту. Снизить долю

антропогенной нагрузки можно установив более строгие требования по сбросу сточных вод. На территории Краснодарского края очистные сооружения водоподготовки предусматривают снижение данных химических элементов до нормы, поэтому риск для здоровья человека устранён.

Рост населения в городах, расположенных вдоль водных объектов тесно связан с проблемой повышения концентрации загрязняющих веществ в водном объекте, в том числе и органических (ХПК, БПК₅). Для уменьшения показателей загрязнения органическими веществами, поступающих с территории населённых пунктов, нужно предусматривать мероприятия: 1) Реконструкция и модернизация очистных сооружений (установка и ремонт аэротенков) прежде всего в городах с большим населением. 2) Строительство и реконструкция сооружений ГТС, предназначенных для обеспечения проточности рек [1, 2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Боровков В.С., Блази К., Курочкина В.А. Комплексная экологическая безопасность водных объектов на урбанизированных территориях // Экология урбанизированных территорий. 2012. № 1. С. 45-49.
2. Курочкина В.А., Богомолова Т.Г. Научное обоснование технологических решений, обеспечивающих экологическую городских водных объектов // Экология урбанизированных территорий. 2015. № 1. С. 19-22.
3. Теличенко В.И., Курочкина В.А., Киров Б.Л. Экологическая безопасность, использование и охрана водных объектов на урбанизированных территориях // Экология урбанизированных территорий. 2016. № 3. С. 32-39.
4. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2017 году // Администрация Курской области <http://adm.rkursk.ru>.
5. Богомолова Т.Г., Курочкина В.А. Загрязнение речных русел на урбанизированных территориях и проблемы их очистки для улучшения экологического состояния водотоков // Инженерные изыскания. 2010. № 10. С. 56-58.

АКТУАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕРРИТОРИИ НОВОЙ ЗЕМЛИ

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время участились случаи выхода белых медведей к населённым пунктам. Отмечаются случаи агрессивного поведения диких животных. Как показано в статье, вероятность конфликтов между дикими животными и людьми относительно арктических территорий и, в частности, Новой Земли, по всей вероятности, будет только нарастать в связи с таянием льдов, а также со скоплением все большего числа отходов вблизи мест проживания. В статье подробно рассмотрены причины возникновения таких конфликтов, а также предложены мероприятия по их устранению.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В статье рассмотрено влияние изменения климатических факторов северных регионов РФ на животный мир, населяющих архипелаг Новая Земля, на примере белых медведей. В настоящее время, как отмечается в работах многих авторов, зафиксировано большое сокращение льдов в Арктике. Так в работе [1] приводятся данные, свидетельствующие о том, что оледенение Новой Земли сильно деградирует. В другой работе [2] отмечается, что в начале XXI века для юго-западной части Карского моря, северной части Баренцева моря, а также для Белого моря в периоды ледообразования, а также в периоды разрушения льда вероятность встречи льда уменьшилась в среднем на 10-20 %, а средняя толщина льда в морях европейской части России за первые 12 лет XXI века уменьшилась по сравнению с предыдущим периодом наблюдений на 5-20 см. Уменьшение суровости зим привело к сдвигу дат первого появления льда в сторону более поздних сроков, дат очищения моря ото льда в сторону более ранних сроков, а также уменьшению продолжительности ледового периода по сравнению со средними многолетними значениями [3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рост численности земного населения и развитие технологий неуклонно ведут к повышению интенсивности воздействия человека на окружающую среду. И это воздействие может быть как прямым, целенаправленным, так и косвенным, результаты которого иногда проявляются совершенно неожиданно. Так, например, результатом этого

самого воздействия стало «неординарное» поведение белых медведей в поселке Белушья Губа на Новой Земле.

С 9 февраля на территории архипелага Новая Земля был введен режим чрезвычайной ситуации в связи с тем, что вокруг населенных пунктов стало наблюдаться большое скопление белых медведей. «В районе поселка Белушья Губа отмечено наличие 52 белых медведей, заходящих на территорию населенного пункта. Отмечаются случаи агрессивного поведения диких животных – нападение на людей, проникновение в жилье и служебные помещения». Близкое соседство с арктическими хищниками уже давно не пугает местных жителей. Визит «короля Арктики» - обычное дело, но в этот раз удивляет и пугает их численность. Что же побудило белых медведей к этому? Ведь обычно они – одинокие хищники, с осторожностью относящиеся к людям.

Новая Земля – архипелаг в Северном Ледовитом океане омывается Баренцевым морем на западе и Карским на востоке. Архипелаг Новая Земля — крупнейший в Европейской Арктике, его площадь составляет 83 000 км². Протяженность архипелага с севера на юг около 900 км (рис .1).



Рис.1. Архипелаг Новая Земля

На одну четверть Новая Земля покрыта ледниками. Горы здесь превышают 1200 м, а наивысшая точка достигает 1547 м. Крупный ледниковый покров северного острова и возвышенные районы архипелага относятся к полярным пустыням, а вся остальная территория - к арктическим тундрам. Морской арктический климат архипелага Новая Земля характеризуется неустойчивой циклонической погодой, ураганными ветрами, резкими температурными колебаниями, значительным количеством выпадающих осадков. В течение года наблюдается более 260 дней с осадками. Наибольшее число дней с

осадками наблюдается в осенне-зимний период, когда наиболее развита циклоническая деятельность.

В первую очередь Новая Земля у многих ассоциируется с ядерным полигоном и испытаниями мощнейшей в истории человечества водородной бомбы — 58-мегатонной «Царь-бомбы». Поэтому существует широко распространенный миф, будто бы после ядерных испытаний на Новой Земле жить из-за радиации нельзя. На самом деле все, мягко говоря, совсем не так.

На Новой Земле имеется два военных городка — Белушья Губа и Рогачёво, а также поселок Северный (без постоянного населения). В Рогачево находится военный аэродром — Амдерма-2. Также тут расположена база подземных испытаний, горных и строительно-монтажных работ. На Новой Земле обнаружено Павловское, Северное и Перевальное рудное поле с залежами полиметаллических руд. Павловское месторождение является пока единственным месторождением на Новой Земле, по которому утверждены балансовые запасы и которое планируется разрабатывать.

Архипелаг входит в Архангельскую область России в качестве административного района Новая Земля и, в рамках местного самоуправления Новая Земля считается отдельным муниципальным образованием со статусом городского округа. Административный центр — посёлок Белушья Губа. В Белушей Губе живет 2149 человек, в Рогачёво — 457 чел. Из них военнослужащих — 1694 человек; гражданских — 603 человек; детей — 302 человек. Новая Земля является Закрытым административно-территориальным образованием, что означает, что для въезда в городской округ нужен пропуск. В настоящее время также проживает и проходит службу личный состав в поселке Северный, на метеостанции Малые Кармакулы, на вертолетных площадках Паньковская Земля, Чиракино.

Белый медведь — самый крупный и опасный хищник — занесен в Красную книгу. Ареал его обитания простирается от границы зон тундры и арктических пустынь до 88° с.ш. В научном мире он известен, как *Ursus maritimus* — медведь морской. Коренное население Арктики знает белого медведя, он является важной частью фольклора, искусства, мифологии и магических ритуалов (например, инициации). Чукчи называют его умка, эскимосы — нанук, ненцы — яввы, якуты — урюнгэге, поморы — ошкуй.

Масса тела белого медведя может достигать 1000 кг. Средний вес самца - 400-450 кг, самки - 350-380 кг. Длина тела: для самцов - 200-250 см, для самок - 160-250 см. Высота в холке - 130-150 см. Для вида характерен белый окрас меха. На самом деле, шерсть белого медведя не совсем белая. Она лишена пигментной окраски, а сами шерстинки полые.

Прозрачные волоски отражают солнечный свет, придавая шерсти белую окраску. Еще один любопытный факт о внешнем облике медведя – его черная кожа. Под кожей лежит толстый слой жира, который не только предохраняет зверя от холода, но и служит энергетической кладовой.

Размножаются белые медведи достаточно медленно — после полового созревания в 4-8 лет медведица рождает 1-3 детенышей раз в 2-3 года. При максимальной продолжительности жизни в 25-30 лет это 10-15 новых особей. Однако до 40-70% медвежат погибает в первый год жизни — им угрожают взрослые самцы, необходимость длительных заплывов (подкожный жир детенышей недостаточно развит), браконьеры.

Сейчас в мире по оценкам специалистов насчитывается от 22 до 31 тыс. животных. На территории архипелага их насчитывается около 5 тыс. особей.

Белый медведь - искусный охотник. У него очень хорошо развиты зрение, обоняние и слух. Его основная добыча - два многочисленных вида арктических тюленей: кольчатая нерпа и лахтак (морской заяц). Для охоты на тюленей белые медведи применяют разные способы: подкарауливают у лунок во льду, через которые тюлени выходят на отдых, ловят нерп зимой в снежных норах, подкрадываются и нападают из воды. Могучая сила белого медведя позволяет ему охотиться не только на тюленей, но и на более серьезных противников - моржа и белуху (арктический белый кит).

При поисках корма белый медведь активно разыскивает своих жертв, стремительно атакует и преследует. Несмотря на то, что белые медведи являются активными хищниками, они могут по несколько часов подкарауливать свою жертву, спрятавшись в ледяных торосах или складках рельефа. К источнику запаха белый медведь практически всегда подходит с подветренной стороны. В периоды недостатка кормов белые медведи могут поедать павших животных, остатки рыбного и зверобойного промысла, которые они находят главным образом с помощью великолепно развитого обоняния. Как любое дикое животное белый медведь воспринимает человека как потенциальную опасность и будет избегать контакта с ним. Однако при дефиците кормов внимание белых медведей может привлекать любой потенциальный источник пищи, в том числе, человек. Любой белый медведь, как хищное животное, независимо от его возраста и поведения в данный момент времени, также представляет потенциальную угрозу для человека.

Люди борются с нежелательным, и опасным соседством, по-разному. Медведя, зашедшего на территорию населённого пункта можно усыпить с помощью транквилизаторов и вывезти. Однако этот способ довольно трудоёмкий, нужно вывезти хищника за 100-150 км от

поселения, так как он просто на просто может вернуться, а сделать это в условиях сурового арктического климата бывает довольно проблематично.

В канадском городе Черчилл функционирует тюрьма для белых медведей. Первоначально тюрьма состояла из 20 клеток, в которые помещались 16 особей-одиночек и 4 семейные группы. Срок пребывания в заключении может составлять от двух до 30 дней, однако если некоторых особей ловят уже не в первый раз, то этот срок может быть увеличен. Суть всего метода состоит в том, чтобы у медведей сформировалось чувство опасности приближения к городу, поэтому во время пребывания в заключении животным дают лишь воду.

На Чукотке местные жители делают для медведей «кормушку» в отдалении от населённого пункта, «чтобы отвлечь от одного места, и сделать наиболее привлекательным другое»: Трупы моржей, которые накапливаются на лежбищах вплотную к поселкам, собираются и увозятся подальше от поселка. Их складывают в кучу — и медведи себя прекрасно чувствуют в стороне от населенного пункта, который им стал неинтересен.

Однако это всё временные меры, не решающие проблему полностью. К изменению поведенческих реакций животных привел ряд глобальных проблем. Во-первых, это изменение климата, а точнее – сокращение площади морского льда - привычного места обитания белых медведей. А во-вторых – неосторожное обращение с отходами. Медведи вместо того, чтобы оставаться на льдах и питаться тюленями, которые являются основным источником пропитания, вынуждены искать другие источники пищи. Такие источники медведи нашли на свалках, в большом количестве образовавшихся на архипелаге (рис. 2).



Рис.2. Свалки на Архипелаге Новая Земля

Кроме того, медведи в основном посещают мусорные баки либо свалки, а значит, что-то их там привлекает. Росприроднадзор планирует

проверку свалки, привлекающую белых медведей на Новой Земле и соседнем соседствующим с ней арктическом архипелаге, — Земле Франца-Иосифа [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Компьютерные модели показывают, что Арктика нагревается гораздо быстрее, чем другие регионы Планеты, и последствия роста температуры здесь самые разрушительные. Одно из них — сокращение толщины и площади льда. Исследователи предсказывают, что к 2030 году арктический лед начнет полностью исчезать на летний период, и последствия этого будут губительны. Лед, отражающий солнечные лучи, стремительно тает, и потому темные воды океана (а вместе с ними — и земля) нагреваются гораздо быстрее [5].

Согласно прогнозам, полученным с помощью компьютерного моделирования, площадь морского льда будет продолжать сокращаться и в будущем, хотя последняя работа ставит под сомнение их способность точно прогнозировать изменения морского льда. Современные модели климата часто недооценивают скорость сокращения морского льда. В 2007 году Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) сообщила, что «в Арктике прогнозируется ускорение сокращения глобального морского ледяного покрова, и согласно некоторым моделям в сценарии A2 с высоким уровнем выбросов летний морской ледяной покров исчезает полностью во второй половине 21-го века». В настоящее время нет научных доказательств того, что за последние 700 000 лет Северный Ледовитый океан когда-либо освобождался ото льда, хотя были периоды, когда в Арктике было теплее чем сегодня. Ученые изучают возможные причинные факторы, такие как прямые изменения, связанные с парниковым эффектом, а также косвенные изменения, такие как необычные ветра, рост температуры в Арктике, или изменение циркуляции воды (например, увеличение притока теплой пресной воды в Северный Ледовитый океан из рек).

Арктический морской лёд, достигающий минимума в сентябре, достиг новых рекордных минимумов в 2002, 2005, 2007 (на 39,2 процента меньше чем в среднем за период 1979—2000) и 2012 годах. В начале августа 2007 года, за месяц до конца сезона таяния, было зарегистрировано самое большое сокращение арктического льда за всю историю наблюдений — более миллиона квадратных километров. В первый раз за всю историю наблюдений был полностью открыт легендарный Северо-Западный проход, когда годовой минимум льда был зафиксирован в размере 4,28 млн квадратных километров. В конце августа 2012 года, за 3 недели до конца сезона таяния, был зафиксирован новый рекорд минимума льда. Несколько дней спустя, в конце августа,

площадь морского льда составила менее 4 млн квадратных километров. Минимум был достигнут 16 сентября 2012 года и составил 3,39 млн квадратных километров, или на 760 000 квадратных километров меньше предыдущего минимума 18 сентября 2007 года.

В 2013 году льда было зафиксировано существенное снижение темпов таяния по сравнению с 2010-2012, и в мае - июне 2013 площадь льда была близкой к норме, после чего, достигнув минимума в 5 млн квадратных километров (против 3,4 в 2012), вновь начала расти. Аналогичная картина наблюдалась в 2014 году, когда площадь льда была больше чем в 2008-2012, составив 5,0 млн. квадратных километров, что близко к норме 1979-2010 (около 6,0 млн квадратных километров).

При этом наблюдается сокращение годовых максимумов льда в Арктике. В 1979—1996 среднее за десятилетие сокращение максимумов льда составляло 2,2 % объёма и 3 % площади. За десятилетие, заканчивающееся в 2008 г., эти значения выросли до 10,1 % и 10,7 %, соответственно. Это сопоставимо с изменением годовых минимумов (то есть многолетних льдов, которые выживают в течение года). В период с 1979 по 2007 в среднем за десятилетие сокращение минимумов составило 10,2 % и 11,4 % соответственно. Это согласуется с измерениями ICESat, указывающие на уменьшение толщины льда в Арктике и сокращение площади многолетнего льда. За период с 2005 по 2008 площадь многолетних льдов сократилась на 42 %, а объём на 40 %, потеря составила ~ 6300 км³.

Исследование изменений ледовых условий морей северной части Европейской территории России на рубеже XX и XXI веков было осуществлено на основе использования большого объема гидрометеорологических данных. Это ряды сумм градусо-дней мороза за периоды от 90 до 207 лет, а также ледовых фаз, толщин льда, ледовитости морей за периоды от 60 до 100 лет. Поскольку речь идет об общих климатических изменениях на Земле, зафиксированных специалистами разных направлений (таяние горных ледников, подъем уровня океана, раннее цветение растений), важно понять, в какой степени обширные регионы Земли, в том числе, акватории морей, чувствительны к современным и будущим климатическим изменениям. Сравнение средних, максимальных и минимальных значений сумм градусо-дней мороза за различные периоды наблюдений показало строгую направленность процесса уменьшения суровости зим на всех морях европейской части России. За последние 30 лет ни по одному морю не был перекрыт максимум XX века для сумм градусо-дней мороза. Более 70 % абсолютных минимумов было зафиксировано в 12-летний период XXI века. За последние 30 лет по сравнению с XX веком в северных регионах европейской части России количество мягких зим

выросло в среднем на 13-14 %, а в первые 12 лет XXI века – на 20-25 %. Уменьшение суровости зим привело к сдвигу дат первого появления льда в сторону более поздних сроков, дат очищения моря ото льда в сторону более ранних сроков, а также уменьшению продолжительности ледового периода по сравнению со средними многолетними значениями [3].

В начале XXI века для юго-западной части Карского моря, северной части Баренцева моря, а также для Белого моря не зафиксированы изменения вероятности встречи льда в месяцы наибольшего развития льда. Однако в периоды ледообразования, а также в периоды разрушения льда вероятность встречи льда уменьшилась в среднем на 10-20 %. Средняя толщина льда в морях европейской части России за первые 12 лет XXI века уменьшилась по сравнению с предыдущим периодом наблюдений на 5-20 см [2].

Действительно, оледенение Новой Земли деградирует. За период с 1913 по 1933 гг. его площадь сократилась на 0,4%; с 1933 по 1959 гг. – на 2,2%; с 1959 по 1973 гг. – на 1,4% и за 1973–1988 гг. – на 0,7% [1].

По одной из последних оценок с 1952 по 2012 гг. площадь горных ледников на Северном и Южном островах уменьшилась на 150 км² (11,7%), в области полупокровного оледенения – на 180 км² (5,7%); площадь покровного оледенения уменьшилась на 250 км² (1,2%). В целом по архипелагу сокращение площади составило за этот период 580 км² (2,4%), объём льда уменьшился на 160 км³. «80-х годах лед летом вокруг Новой Земли не таял, а сейчас даже зимой становится у берегов очень поздно» (рис.3).

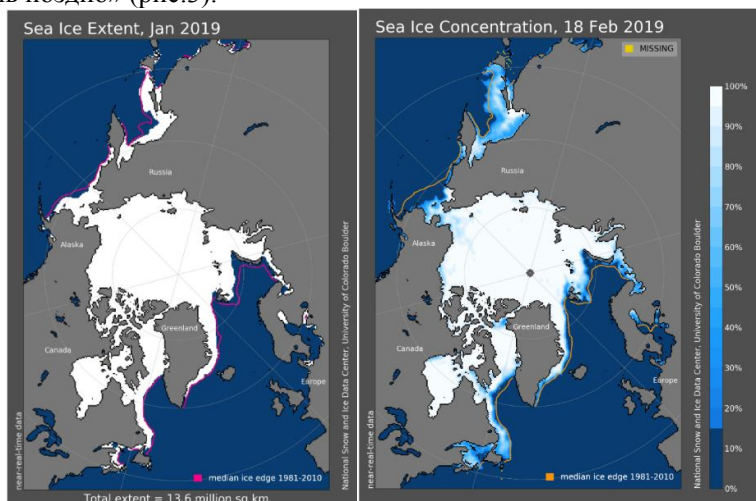


Рис. 3. Степень морского оледенения на январь 2019 (слева) и концентрация морского льда на 18 февраля 2019 (справа)

Несмотря на заметное сокращение площади и продолжительности пребывания дрейфующих льдов в Чукотском море в настоящее время в акватории Чукотского моря наблюдается заметный рост численности белого медведя. Как сообщает пресс-служба чукотского национального парка "Берингия", по всей видимости, белые медведи каким-то образом успевают адаптироваться к таким непростым ледовым условиям. Данные о состоянии чукотско-аляскинской популяции белого медведя ученые озвучили впервые за восемь лет. Примерная численность группировки морского хищника, по оценкам экспертов, оценивается сейчас в три тысячи особей. Кроме того, ученые пришли к выводу, что медведи, живущие на российской территории, начинают осваивать новые акватории на восточном направлении.

Дрейфующие льдины и ледовые припай – излюбленные охотничьи уголья белых медведей. Исчезновение льдов в арктических морях заставляет белых медведей высаживаться на сушу и пережидать период открытого моря на берегу, не имея возможности охотиться и добывать еду в достаточном количестве. Скопившиеся отходы вблизи населенных пунктов привлекают животных и делают их значительно более уязвимыми к негативному воздействию со стороны человека. Проблема отходов, их утилизации, переработки, сбора — одна из острейших для человечества в начале XXI в. В условиях арктической зоны ситуация осложняется суровыми климатическими условиями, неразвитой транспортной сетью, многолетней «забытостью» Севера и многими другими факторами. В российской Арктике большое количество труднодоступных мест с малым количеством жителей. Строить полигоны для таких населённых пунктов попросту невыгодно и нецелесообразно. Транспортировка мусора в другие районы также требует крупных затрат. На данный момент складировются и вывозятся только особо опасные отходы. Остальные отходы предлагается утилизировать посредством сжигания. Несмотря на то, что на территории Новой Земли же отходы с населённых пунктов, таких как Белушья Губа, просто складировются на открытых свалках и, в частности, одна такая свалка располагается на расстоянии 3 км от посёлка, строительство мусоросжигательного завода на территории архипелага Новая Земля запланировано только на 2020 год. Это связано в первую очередь с тем, что в России рассмотрение экологических проблем началось сравнительно недавно. На данный момент существует два документа, разработанных в прошлом десятилетии — «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» (утв. Президентом РФ 18.09.2008 № Пр-1969) и «Стратегическая программа действий по охране окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации»

(одобрена Морской коллегией при Правительстве Российской Федерации, протокол совещания от 19.06.2009 № 2).

Стоит отметить, что несмотря на то, что и в других странах Арктического бассейна к проблеме накопленных твердых бытовых отходов впервые обратились только в 1980-х гг., соответствующие программы по утилизации отходов, например, в США рассчитаны до 2020 г. и предусматривают значительные финансовые затраты при их реализации. За рубежом в таких странах, как Канада, Аляска, Гренландия, Норвегия ликвидация мусора (металлолом, твердые бытовые и промышленные отходы, строительный мусор и т.п.) в полярных регионах осуществляется путем удаления их с территории Арктики. Если раньше бытовой мусор и отходы, содержащие загрязняющие вещества, зачастую опечатывались и помечались как содержащие опасные материалы твердые бытовые отходы, изолировались на свалках, в настоящее время транспортируются в более умеренные климатические условия для переработки. При сравнении проблем транспортировки специализированного оборудования для восстановительных работ и проблем транспортировки загрязнителей на юг установлено, что транспортировка отходов более оправдана. В настоящее время имеются специальные одноразовые контейнеры, пластиковые упаковки, другие средства и материалы, позволяющие обеспечивать экологическую безопасность при сборе и транспортировке опасных отходов [6].

ВЫВОДЫ

Вышеуказанные проблемы значительно влияют на привычный образ жизни как людей, так и животных. Сокращение площади морского льда лишает хищников их основного места охоты и вынуждает их искать пропитание на берегу, где самым доступным оказываются свалки и даже мусорные баки на территории населенных мест.

В настоящее время, решить эту проблему без привлечения специалистов и применения ряда мероприятий, в том числе направленных на работу с населением, которые помогут прогнать животных без применения оружия, невозможно. Поскольку в противном случае, единственным выходом останется отстрел животных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корякин В. С. Ледники Новой Земли // Земля и вселенная №1 1997.
2. Корякин В. С. Ледники Новой Земли в XX веке и глобальное потепление // Природа №1 2013.

3. Думанская И. О. Глобальные тенденции в изменении ледовых условий Белого, Баренцева и Карского морей на рубеже XX-XXI веков
4. Землю Франца-Иосифа ждет президентская проверка. Газета.ру. от 21.03.2017. https://www.gazeta.ru/science/2017/03/21_a_10586087.shtml
5. Соломатов А. С. Влияние потепления климата на изменение температурного режима морей арктического региона
6. Мизин И. А. Современные проблемы удаления ТБО из труднодоступных районов российской Арктики // справочник эколога №8 2014.

Студент 4 курса 13 группы ИГЭС А.П. Могуев
Студентка 4 курса 20 группы ИСА Е.С. Лебедева
Научный руководитель – старший преп. И.Ю. Яковлева

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ЗАСТРОЙКЕ МЕГАПОЛИСОВ

АННОТАЦИЯ

В настоящее время очень актуальна проблема рационального использования городских территорий в связи с активным строительством больших городов. При этом очень важно придерживаться «зеленых» стандартов. В то же время, строительство огромных и протяженных зданий создают трудности для перемещения людей и транспорта. В статье рассмотрены конструкции жилых зданий на железобетонных опорах, построенные в 20 веке. В настоящее время строительство таких домов не ведется, хотя такие проекты домов, по мнению авторов, имеют право на существование. Авторы предлагают при строительстве многосекционных зданий, некоторые секции выполнять на опорах, что позволит сделать кварталы более комфортными, открытыми и доступными для всех граждан.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в крупных мегаполисах, таких как Москва, очень активно ведется жилищное строительство, при этом очень важно грамотно использовать застраиваемые территории. Очень часто строятся огромные жилые микрорайоны, состоящие из множества жилых зданий. При этом каждое здание включают в себя нескольких секций и имеют большую протяженность (рис.1), что создаёт определенные трудности при движении транспорта и пешеходов. В то же время, сегодня большое внимание уделяется маломобильным группам населения. При этом, зачастую, к маломобильным группам населения можно отнести не только людей с ограниченными возможностями, но и молодых мам с маленькими детьми, а также пожилых людей [1,2]. При этом здания большой протяженности создают дополнительные трудности при перемещении особенно этих категорий граждан, поэтому возникает необходимость в правильной организации внутриквартального и внутри дворового пространства. В настоящее время в Москве по программе реновации [3] происходит перестройка целых жилых районов, поэтому проблема рационального использования городских территорий сейчас наиболее актуальна.



Рис. 1

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Проблемы рационального использования городских территорий при застройке городов рассматриваются в работах многих авторов [4-8]. В своих работах [4] авторы говорят о том, что необходимо применять методологию «зеленых» стандартов с целью обеспечения «экологической безопасности строительства точечных объектов в сложившейся городской застройке». В работах [5,6] авторы предлагают для природного сохранения территории при строительстве использовать разные типы домов. Это «равнинные дома», «загубленные дома», «дома-фантомы», «террасные дома», «консольные дома», «дома на курьих ножках». При этом авторы отмечают, что «дома на курьих ножках» являются воплощение бережного отношения к природе. Они минимально соприкасаются с землей и могут размещаться на любых территориях. Такие дома были построены в Германии, Франции, а также в нашей стране в 20 веке. Подобные решения были продиктованы как необходимостью защиты от холода, влаги и проникновения посторонних, так и эстетическими соображениями: высокие опоры создавали иллюзию парения, полёта над землёй [9]. В г. Москве в 60-80 годов, было построены четыре таких дома [10-12]:

1. Два дома серии П57/17 из вибропрокатных панелей, расположенные по адресам: Проспект мира 110/2 и Смоленский бульвар 6-8. Эти дома были построены по проекту архитектора Т. Г. Заикина. Особенностью решения низа зданий состоит в том, что проектировщики

отказались от традиционных подвальных помещений и поставили здание на свайное основание, заложённое на уровне земли.

2. Один 25-ти этажный дом из вибропрокатных панелей, расположенный на Проспекте мира 184 к.2, напротив ВДНХ, построен по проекту архитекторов В.С. Андреева и Т. Г. Заикина.

3. Один дом находится на Беговой улице 34, и построен по проекту архитектора А. Меерсона, который изначально строился как гостиница к олимпиаде 1980 г., но в итоге стал жилым. Его особенность заключается в том, что при похожей с П57/17 конструкцией опор, конструктивно пожарная лестница вынесена на фасад здания.

В настоящее время строительство таких домов не ведется, хотя такие проекты домов, по мнению авторов, имеют право на существование.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве предмета исследования подробно рассмотрим 17-этажный дом серии П57/17 (рис. 2) построенный на Смоленском бульваре, 6/8 (рис. 2А). Одной из особенностей этого дома является то, что он построен с минимальным количеством типоразмерных деталей из вибропрокатных панелей, а конструкция первого этажа выполняется в виде двухэтажного рамного каркаса из сборных железобетонных Т-образных элементов, представляющих собой однопролетную двух консольную рамную систему (рис. 2Б). Основным достоинством такой системы является то, что осадка одной из опор не приводит к критической перегрузке вертикального диска поперечных панелей и не вызывает случайных перегрузок стойки. Также следует отметить четкую и ясную статическую работу конструкции, удачную форму опор, отвечающую плавному переходу усилий от равномерно распределенных к сосредоточенным. Единственный монтажный стык сборных конструкций - между выступающими консолями – располагается в зоне наименьших, почти нулевых моментов и поперечных сил, конструкция оптимальна по расходу материала. Из недостатков таких опор можно выделить сложность транспортировки Т-образных элементов (за счет больших масс и габаритов).

А)



(Фото с сайта: www.vladimirtan.livejournal.com)

Б)



(Фото с сайта www.yandex.ru/maps)

Рис. 2

Первый этаж в данных домах решен приемом "свободной планировки", что допускает размещение любых помещений или магазинов.

Роль подвала выполняет технический этаж, размещенный над первым этажом, что дает возможность непосредственно под жилыми этажами развести и собрать все коммуникации инженерного оборудования. Имея вводы и опуски через первый этаж лишь в нескольких местах, технический этаж обеспечивает свободный доступ ко всем коммуникациям и возможность повседневного контроля за ними.

Конструкция первого этажа запроектирована как горизонтальная площадка, которая в свою очередь является исходной позицией для монтажа панелей жилой части дома. Монтаж конструкций первого этажа, который в данном типе домов входит в объем "нулевого цикла", осуществлялся гусеничным краном, а монтаж основной части здания - двумя башенными кранами БК-160/2.

Сборные железобетонные колонны одного типоразмера могут изготавливаться, как и было сделано в рассмотренном в статье доме, непосредственно на строительной площадке. Электропроводка располагается в панелях стен и перекрытий, а стояки отопления - в панелях поперечных стен, таким образом системы отопления и

электрооборудования монтируются одновременно со сборкой конструкции.

Лестничные клетки в доме были решены принципиально по новой на то время схеме в виде двух перекрестных маршей высотой "на этаж", что позволило избежать устройства дополнительной пожарной лестницы.

Главным отличием 25-этажного дома, построенного на Проспекте Мира 184 к.2 (рис. 3А) от 17-этажного дома, расположенного на Смоленском бульваре 6/8, является использование двухконсольной в виде V-образных элементов схемы каркаса (рис. 3Б).



Рис. 3. (Фото с сайта www.yandex.ru/maps)

Основными достоинствами V-образных опор являются: сокращение количества типоразмеров изделий, универсальность системы, которая позволяет получить в доме при одних и тех же конструкциях любые типы квартир при любом заданном их соотношении.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведя анализ домов на опорах, можно предположить, что эти дома могут помочь в решении проблемы рационального использования городских территорий. При этом возможно использовать данную

технологии не только для строительства отдельных домов, но и для строительства отдельных секций в многосекционных сооружениях. Так как в настоящее время широко применяется монолитное строительство, то может быть рассмотрена возможность выполнения данных домов в монолитном железобетоне.

Благодаря незастроенному первому этажу образовывается пространственное раскрытие в глубину территории квартала. Жилой квартал не рассекается на изолированные части и не затрудняет связь территории, не мешает пространственному восприятию всей застройки [13]. При большой длине здания обеспечивается свободный проход под зданием, что очень важно для маломобильных групп населения.

В процессе строительства появляется возможность уменьшения объема земельных работ. Как правило при строительстве в ограниченном пространстве городов, возникает необходимость вывоза грунта на свалки, что создает дополнительные экологические проблемы.

Пространство под домом, может быть использовано в качестве парковки автомобилей или организации досуга граждан. Благодаря свободному пространству появляется дополнительная циркуляция воздуха под зданием, что может быть необходимо в некоторых случаях.

ВЫВОДЫ

При строительстве жилых микрорайонов в больших городах, необходимо рационально использовать городские территории. При этом возникает необходимость сохранения природных территорий, а также обеспечение комфортного перемещения маломобильных групп населения. Использование описанных выше технологий, применяемых в «домах на ножках», может помочь в решении таких проблем. При этом авторы отмечают, что здания такого типа можно строить как целиком, так и частично, заменяя некоторые секции в многосекционных зданиях.

В заключении хотелось бы отметить, что устройство таких домов тесно связано с такими вопросами как выполнения опор из монолитного железобетона, рационального размещения секций, правильного использования пространств под домом и экологические вопросы, но это темы уже для дальнейших исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Николаева Р. В.* Создание безбарьерной среды в городах для маломобильных групп населения // Вестник НЦ БЖД. 2018. №4 (38). С. 105-109.
2. *Прядко И.П.* Проблемы проектирования жилищных моделей с учетом социальной адаптации маломобильных категорий

населения к условиям жизни в современном городе // Строительство наука и образование. 2013. № 1. С. 1.

3. *Казарян Р.Р., Волхонова А.Л., Бик-мухамедов М.В.* Комплексные модели выбора рационального варианта при реновации жилых кварталов // Инновации в отраслях народного хозяйства, как фактор решения социально-экономических проблем современности Сборник докладов и материалов VII Международной научно-практической конференции. 2017. С. 220-232.

4. Теличенко В.И., Сумеркин Ю. А. Градостроительные проблемы и перспективы точечной застройки (уплотнительной) застройки // Промышленное и гражданское строительство. 2015. №2. С. 12-16.

5. *Шевелев В.П., Кузина Ю.А.* Проблемы планировки и застройки городов в условиях сложного рельефа // Архитектурные исследования. 2018. № 2 (14). С. 104-117.

6. *Щербакова С.А.* Особенности объемно-планировочных решений жилища для территорий со сложным рельефом // Сборник докладов международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 01-30 мая 2015 г.

7. *Шлафман А.И.* Трансформация назначений территорий для обеспечения развития агломераций // Глобальные научный потенциал. 2018. № 11 (92). С. 175-178.

8. *Казановский В.А., Манухина Л. А.* Рациональное планирование придомовых территорий жилой застройки с использованием метода линейного программирования // Международный научно-технический журнал. 2012. №1. С. 56-59.

9. *Иконников А.В.* Архитектура XX века. Утопии и реальность. — М.: ПрогрессТрадиция, 2002. — Т. 2. — 672 с.

10. *Духовичный Ю.* О каркасных решениях первых этажей панельных зданий // Строительство и архитектура Москвы. 1967. № 12. С. 8-12.

11. *Заикин Т. Г.* 25 этажей из проката. Строительство крупнопанельного жилого дома на проспекте Мира. // Строительство и архитектура Москвы. 1967. № 7. С. 23-25

12. *Заикин Т. Г.* С минимальным количеством типоразмерных деталей. Строительство экспериментального 17 этажного дома из вибропрокатных панелей // Строительство и архитектура Москвы. 1965. № 7. С. 10-13.

13. *Голодзе В. А.* Открытые архитектурные пространства // Научно-практические электронный журнал Аллея Науки. 2018. № 3(19)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕКИ НОВОЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АЭРОПОРТА ПУЛКОВО

АННОТАЦИЯ

Антропогенная нагрузка, как правило, негативно воздействует на состояние окружающей среды. В данной статье рассмотрены последствия антропогенного воздействия на водный объект на примере реки Новой, произведена оценка состояния этой реки по индексу загрязненности воды (ИЗВ) и предложены соответствующие мероприятия по восстановлению ее благоприятного экологического состояния.

Целью исследования является оценка изменения качества реки Новой в городе Санкт-Петербурге в результате функционирования аэропорта «Пулкovo».

ВВЕДЕНИЕ

Человеческая деятельность вносит свой вклад в изменение естественного состояния сложившейся экосистемы. Развитие городов и рост промышленности, как правило, негативно сказываются на состоянии окружающей среды, вызывая различные заболевания у человека, деградацию флоры и фауны, что порой приводит к возникновению экологических катастроф. Для контроля и предотвращения негативного воздействия разрабатываются различные нормативные документы, которые устанавливают лимиты на состояние природных ресурсов.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Проблема загрязнения водных объектов в результате деятельности человека является очень актуальной в настоящее время и рассматривается в работе многих авторов, в том числе [1;2;3].

В работе [1] подробно описываются последствия техногенного воздействия на состояние водного объекта, влияния на качественные показатели воды и загрязнение донных отложений. Примером изучения влияния антропогенного и техногенного воздействия на экологическое состояние водных объектов также может стать работа [2]. В ней приведен ряд технологических решений по улучшению экологического состояния городских водных объектов. В работе [3] рассматривается взаимосвязь состояния водного объекта урбанизированных территорий, качества воды в нем и уровня загрязненности донных отложений.

Исходя даже из этих работ, можно сделать вывод, что проблема загрязнения водных объектов урбанизированных территорий является на сегодняшний день одной из самых важных и нужных.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исток реки Новая находится в городе Санкт-Петербурге южнее Балтийской линии Октябрьской железной дороги, река впадает в цепь прудов, разделенных подземными трубопроводами в районе усадьбы Александрино, на территории жилого массива Ульянки (рис.1). Общая длина реки составляет 5 километров, причем русло пересекает взлётно-посадочную полосу аэропорта Пулково и Лиговский канал. Частично река протекает в коллекторе, диаметр которого составляет 2,0-2,2 метра, выполненном методом щитовой проходки для защиты от обвала грунта (рис.2).

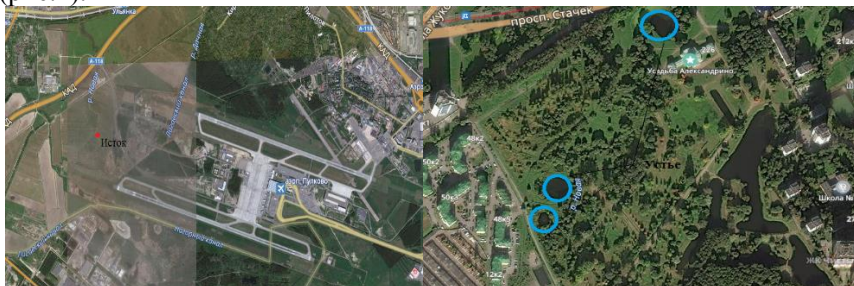


Рис. 1. Исток р. Новой и устье (цепь прудов рядом с усадьбой Александрино)



Рис. 2. Участок р. Новой, протекающий в коллекторе

В результате функционирования аэропорта Пулково, который расположен вблизи водного объекта, в водах реки зафиксированы превышения установленных предельно допустимых концентраций

культурно-бытового назначения (ПДК_{к.б.}) по ряду загрязняющих веществ, среди которых: этиловый спирт, этиленгликоль, нефтепродукты, этанол, аммонийный азот (NNH₄), мышьяк (As), фенол, изопропиловый спирт ((CH₃)₂CHOH) и другие показатели. В общей сумме было обнаружено многократное превышение предельно допустимых концентраций 12 загрязняющих веществ.

Наличие превышений существующих концентраций загрязняющих веществ по отношению к их предельно допустимым концентрациям (ПДК) описывает выполнение условия:

$$\frac{C_i}{ПДК_i} > 1, \text{ где}$$

C_i –установившаяся концентрация i -го загрязняющего вещества;

$ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества.

Полученные данные о превышении существующих концентраций загрязняющих веществ относительно их предельно допустимых концентраций культурно-бытового назначения (ПДК_{к.б.}) представлены в таблице 1.

Табл. 1. Превышение концентраций загрязняющих веществ в р. Новой относительно их ПДК

Загрязняющее вещество	Этиловый спирт	Этиленгликоль	Нефтепродукты	NNH ₄	Фенол	As	(CH ₃) ₂ CHOH
$C_i/ПДК_i$	5400	640	40	115	49	9	5,4



Рис. 3. Взятие проб у водовыпуска №2

Основной причиной ухудшения экологического состояния реки Новой является осуществление сброса загрязненных сточных вод,

которые образуются в результате обработки самолетов и взлётно-посадочных полос противообледенительной жидкостью, без предварительной очистки непосредственно в водный объект по водовыпускам №2 и №3 (рис. 3).

В соответствии с ГОСТ Р 54264-2010 «Воздушный транспорт» обработку самолета противообледенительной жидкостью необходимо производить каждый раз перед рейсом в любых метеоусловиях.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ:

Исходя из значений предельно допустимых концентраций (ПДК) и измеренных концентраций можно рассчитать индекс загрязненности воды (ИЗВ) по 6 загрязняющим веществам: этиловый спирт, этиленгликоль, аммонийный азот, фенол, мышьяк и нефтепродукты. Для определения интегрального индекса загрязненности воды (ИЗВ) используется формула:

$$ИЗВ = \frac{\sum_{i=1}^6 C_i / ПДК_i}{n},$$

где C_i – установившаяся концентрация i -го загрязняющего вещества;

$ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества;

n – количество загрязняющих веществ, для оценки качества вод расчет ведут по 6 показателям.

Используя данные таблицы 1 можно определить индекс загрязненности воды реки Новой. По полученному результату можно сделать вывод, что река Новая относится к VII классу качества воды (чрезвычайно грязная).

Общий объем сброшенных вредных веществ в реку составил 2500 тонн за 3 месяца. Поступление ряда загрязняющих веществ, содержащие фосфорные соединения, спровоцировало процесс эвтрофикации, который способствовал росту сине-зеленых водорослей. Насыщение водоемов биогенными элементами увеличило количество потребляемого кислорода, а также способствовало массовой гибели рыбы в водном объекте. Также в результате значительных превышений загрязняющих веществ, относящихся ко 2 классу опасности (высокоопасные) – мышьяк; к 3 классу опасности (опасные) – этиленгликоль, нефтепродукты, изопропиловый спирт, фенол – водный объект потерял способность к естественному самовосстановлению, также пострадали птицы, которые прибывали с других водоемов. После 3-4 часов нахождения на акватории утки теряют подвижность, перестают

кормиться, а примерно через 8-10 часов погибают. Ежедневно местные жители обнаруживают от 4 до 10 новых мертвых птиц.

Экологическая ситуация региона является угрожающей и потому, что река Новая впадает в систему непроточных прудов, которые являются приемниками загрязняющих веществ, поступающих из реки. За счет накопительного эффекта концентрации некоторых загрязняющих веществ многократно превышают концентрации этих веществ в реке. На сегодняшний день отсутствуют результаты комплексного обследования этих прудов. Очевидно, что необходимо произвести оценку состояния качества воды в прудах. Опасность загрязнения прудов заключается еще и в том, что загрязняющие вещества, попадающие в них, аккумулируются в донных отложениях, в связи с чем может происходить вторичное загрязнение, а также загрязнение почв прилегающих территорий и грунтовых вод.

Целесообразно в первую очередь произвести отбор проб тех веществ, по которым наблюдаются значительные превышения концентраций загрязняющих веществ, которые приведены в таблице 1. На данный момент можно судить лишь о внешних изменениях прудов (табл. 2).

Табл. 2. Органолептические показатели качества воды в прудах

Цветность	Коричневая
Запах-интенсивность	Очень сильный
Запах-характер	Сероводородный
Мутность	Мутная

Фактором, влияющим на состояние прудов, может служить и длительное отсутствие мероприятий по очистке водного объекта (рис. 4).



Рис. 4. Экологическое состояние пруда, в который впадает р. Новая

ВЫВОДЫ

Решением данной экологической проблемы может стать комплекс мероприятий по восстановлению водного объекта, который включает в себя:

- прекращение сброса загрязняющих веществ в реку Новая;
- реконструкция и модернизация очистных сооружений аэропорта «Пулково»;
- очистка водного объекта от донных отложений, которые могут способствовать вторичному загрязнению;

Также одним из обязательных условий снижения и ликвидации последствий негативного воздействия на реку Новая является организация системы еженедельного мониторинга за выполнением установленных требований к состоянию водного объекта в районе аэропорта «Пулково». Контрольные створы оценки качества воды необходимо разместить в местах сброса сточных вод в реку Новая, на расстоянии 0,5 км ниже по течению сброса вод, а также в устье реки.

В случае, если установленные требования не соблюдаются, необходимо наложить штрафные санкции для компенсации экологического ущерба.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Изменения качества воды и донных отложений водных объектов в условиях влияния техногенной нагрузки. // Теличенко В.И., Курочкина В.А., Блази К. // Экология урбанизированных территорий. 2014. № 4. С. 35-39. [1]
2. Научное обоснование технологических решений, обеспечивающих экологическую городских водных объектов. // Курочкина В.А., Богомолова Т.Г. // Экология урбанизированных территорий. 2015. № 1. С. 19-22. [2]
3. Антропогенная нагрузка на реки урбанизированных территорий. //Курочкина В.А., Богомолова Т.Г., Киров Б.Л. // Вестник МГСУ. 2016. № 8. С. 100-109. [3]
4. Превышение концентраций загрязняющих веществ в р. Новой относительно их ПДК [Электронный ресурс] <https://regnum.ru/news/2520900.html>
5. Информация: река Новая [Электронный ресурс] [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_\(%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BA_%D0%94%D1%83%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D1%84%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B0\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_(%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BA_%D0%94%D1%83%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D1%84%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B0))
6. Экологическое состояние реки Новой [Электронный ресурс] <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/ecology/news/143192>.

Студент 4 курса 13 группы ИГЭС А.А. Якушев

Научный руководитель – доц., к-т техн. наук В.А. Курочкина, преп., к-т техн. наук М.П. Кропоткин

ВЛИЯНИЕ СТОЧНЫХ ВОД НА КАЧЕСТВО ВОДЫ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ МЕЖИ

ВВЕДЕНИЕ

В статье рассматривается проблема экологической безопасности водных объектов в условиях интенсивного техногенного и антропогенного воздействия. Установлены причины деградации экологического состояния рек и водоемов, указано на важную роль поступления загрязненного поверхностного стока с водосборных территорий. Установлена взаимосвязь состояния водного объекта и прилегающих к нему территорий, качества воды в нем и уровня загрязненности донных отложений. Обоснован комплексный подход к повышению экологической безопасности, основанный на снижении загрязненности поверхностного стока, очистке промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод и удалении из водных объектов загрязненных донных отложений.

Также в статье рассматриваются возможности приблизительной оценки степени загрязненности речных русел в пределах урбанизированных территорий органическими веществами с использованием удельных укрупненных показателей.

Целью исследования, проводимого в данной статье, является выявление загрязненности реки и предложение мероприятий по её восстановлению.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Реки подвержены антропогенному влиянию от различных предприятий. Поэтому данная проблема актуальна и рассмотрена в работах многих авторов [1, 2].

В этих статьях рассматривается ход русловых процессов. Общее экологическое состояние водных объектов определяют речная гидравлика и свойства русловых отложений, которые в последние десятилетия подвержены сильному влиянию антропогенной нагрузки. Установлена взаимосвязь состояния водного объекта, качества воды в нем и уровня загрязненности донных отложений. Предложена методика оценки антропогенной нагрузки загрязняющими веществами на реки урбанизированных территорий. Проведен сравнительный анализ нагрузки на реки России с различным водным стоком.

Авторы предлагают различные решения данных проблем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Муниципальное унитарное предприятие «Жарковские городские коммунальные системы» (ЖГКС) производит выпуск сточных вод в реку Межа с правого берега на юго-западной окраине посёлка Жарковский Тверской области. Схема участка водопользования приводится на рисунке №1.

Очистные сооружения предназначены для биологической очистки коммунальных стоков посёлка; их производительная мощность составляет около 600 м³/сутки.

После очистки стоки поступают в приёмный колодец, а из него, по подземному асбестоцементному коллектору диаметром 0,4 м и длиной 60 м, сбрасываются в р. Межа с правого берега. Последние примерно 10 м коллектора выполнены в металлической трубе диаметром 0,5 м, выходят на поверхность земли в откосе берега и затем уходят под воду.



Рис.1. Схема расположения очистных сооружений МУП «Жарковские городские коммунальные системы» в посёлке Жарковский Тверской области.

Река Межа берёт своё начало с Валдайской возвышенности на территории Центрально-Лесного Государственного Природного Биосферного Заповедника. Впадает Межа в р. Западная Двина с левого берега у села Дорожкино Западвинского района на расстоянии 758 км от устья Западной Двины. В месте впадения Межи в Западную Двину сходятся границы трёх областей: Тверской, Смоленской и Псковской. Выпуск сточных вод осуществляется на расстоянии 78 км от устья.

Бассейн реки Межа сложной формы, вытянут в направлении с северо-востока на юго-запад, сужен в средней части, асимметричен за счёт развития преимущественно левобережных притоков. Рельеф

бассейна характеризуется чередованием мореных холмистых возвышенностей с плоскими, часто заболоченными, равнинными участками. Почвы в большинстве дерново-подзолистые, среднесуглинистые и супесчаные, реже торфянистые.

Долина реки трапецеидальная шириной 400-500 м; склоны пологие, заросшие лесом и постройками, слабоизрезанные логами высотой 10-15 м, сложены супесчаными грунтами.

Пойма реки двухсторонняя, высокая, шириной 100-200 м; затапливается не ежегодно, но в годы наиболее сильных разливов покрывается слоем воды от 0,5 до 1,5 м, начиная с отметки 172 м условно. Так в 2014 году территория очистных сооружений подтапливалась водами р. Межа слоем до 0,5 м. Поверхность поймы луговая, покрытая отдельными кустами и деревьями, с хозяйственными и жилыми строениями.

Русло хорошо выраженное - прямолинейное. Берега супесчаные, крутые и умеренно крутые, высотой 6-7 м. Правый берег зарастает травой, местами кустарником, левый – кустарником и мелколесьем.

Дно преимущественно песчаное, местами от берегов илистое, с небольшим содержанием валунов и гальки, в прибрежной части зарастает водной растительностью.

Водосборная площадь до рассматриваемого створа на 52 % занята смешанным лесом с преобладанием хвойных пород; 8 % площади приходится на болота; озёрность незначительная – менее 1 %.

Для того, чтобы охарактеризовать водоток в месте использования, 12 м ниже места выпуска сточных вод МУП «ЖГКС» был разбит морфометрический створ и гидрометрический створ для измерения расхода воды.

В настоящее время на реке действуют два водомерных поста: около с. Ордынок и в пос. Жарковский. Гидрологический пост в посёлке Жарковский является ближайшим к рассматриваемому створу, он расположен в 2,0 км выше по течению, на расстоянии 80 км от устья.

Исходные данные для расчетов [3] приведены для трех лет. В таблицах 1-3 представлены данные с 2016 по 2018 года соответственно.

Табл.1. Значения концентраций для некоторых загрязняющих веществ за 2016 год.

№ п./п.	Определяемые ингредиенты	Наименование метода (методики) испытаний	Результаты испытаний, мг/дм ³	Погрешность измерения, мг/дм ³
1	БПК ₅	РД 52.24.420-2006	1,7	0,3

2	Азот аммонийный	РД 52.24.383-2005	0,086	0,016
3	Железо	РД 52.24.358-2006	1,02	0,12
4	Нефтепродукты	ПНД Ф 14.1:2:4.128-98	0,019	0,005
5	Фосфаты	РД 52.24.382-2006	0,037	0,005
6	Сульфаты	РД 52.24.405-2005	7,6	0,8
7	АПАВ	ПНД Ф 14.1:2:4.158-2000	0,025	-

Табл.2. Значения концентраций для некоторых загрязняющих веществ за 2017 год.

№ п./п.	Определяемые ингредиенты	Наименование метода (методики) испытаний	Результаты испытаний, мг/дм ³	Погрешность измерения, мг/дм ³
1	БПК ₅	РД 52.24.420-2006	1,4	0,3
2	Азот аммонийный	РД 52.24.383-2005	0,059	0,011
3	Железо	РД 52.24.358-2006	0,95	0,12
4	Нефтепродукты	ПНД Ф 14.1:2:4.128-98	0,030	0,008
5	Фосфаты	РД 52.24.382-2006	0,029	0,004
6	Сульфаты	РД 52.24.405-2005	7,8	0,9
7	АПАВ	ПНД Ф 14.1:2:4.158-2000	0,025	-

Табл.3. Значения концентраций для некоторых загрязняющих веществ за 2018 год.

№ п./п.	Определяемые ингредиенты	Наименование метода (методики) испытаний	Результаты испытаний, мг/дм ³	Погрешность измерения, мг/дм ³
1	БПК ₅	РД 52.24.420-2006	1,9	0,4
2	Азот аммонийный	РД 52.24.383-2005	0,047	0,011
3	Железо	РД 52.24.358-2006	0,50	0,05
4	Нефтепродукты	ПНД Ф 14.1:2:4.128-98	0,033	0,008
5	Фосфаты	РД 52.24.382-2006	0,030	0,004
6	Сульфаты	РД 52.24.405-2005	6,3	0,7
7	АПАВ	ПНД Ф 14.1:2:4.158-2000	0,025	-

МЕТОДИКА РАСЧЕТОВ

Для оценки уровня загрязнения водных объектов использовался ИЗВ (индекс загрязнения воды). Методика приведена в [4] согласно этой методике ИЗВ рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{ИЗВ} = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}}{N}$$

где C_i – концентрация i -го компонента в воде (в ряде случаев – значение параметров);

N – количество показателей, используемых для расчета ИЗВ;

ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го компонента в воде, установленная для соответствующего типа водного объекта.

Согласно используемой методике класс качества воды определяется в зависимости от рассчитанной величины ИЗВ (таблица 4).

Табл.4. Зависимость классов воды от индекса загрязнения воды

Класс качества воды	Текстовое описание класса	Величина ИЗВ качества воды
I	Очень чистая	Менее или равно 0,3
II	Чистая	Более 0,3 до 1
III	Умеренно загрязненная	Более 1 до 2,5
IV	Загрязненная	Более 2,5 до 4
V	Грязная	Более 4 до 6
VI	Очень грязная	Более 6 до 10
VII	Чрезвычайно грязная	Более 10

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ:

По результатам исследований в 2016 году вода в реке Межа относится к VI классу качества воды, что характеризует воду как очень грязную. В 2017 году вода относится к V классу (грязная); в 2018 году вода относится к V классу (грязная). Результаты исследования приведены в таблице 5.

Табл.5. Результаты исследования

Ингредиенты	2016	2017	2018
	C_i , мг/дм ³	C_i , мг/дм ³	C_i , мг/дм ³
БПК ₅	0,85	0,7	0,95
Азот аммонийный	0,246	0,1686	0,134
Железо	10,2	9,5	5
Нефтепродукты	0,38	0,6	0,66
Фосфаты	37	29	30
Сульфаты	0,0152	0,0156	0,0126
АПАВ	0,05	0,05	0,05
ИЗВ	6,96	5,09	5,25

Таким образом, можно сделать выводы, что речная вода в данном водном объекте сильно загрязнена. Можно также отметить, что тенденция состояния водного объекта на протяжении всего рассматриваемого периода (три года) фактически не улучшается.

ВЫВОДЫ

Поверхностные воды реки Межа сильно загрязнены из-за сбрасываемого стока ЖГКС. Для комплексного решения вопросов экологической безопасности водного объекта требуется создание и введение мониторинга водной среды и прибрежных зон. В целях решения задач по восстановлению и оздоровлению реки Межа необходимо разработать комплекс природоохранных мероприятий:

- Применить оборотные системы в ЖГКС;
 - Вести мониторинг водной среды по всем водным объектам и по широкому перечню показателей;
 - Установить постоянный контроль работы очистных сооружений;
- Внедрение этих мероприятий позволит уменьшить поступление в водный объект загрязняющих веществ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Изменения качества воды и донных отложений водных объектов в условиях влияния техногенной нагрузки. Теличенко В.И., Курочкина В.А., Блази К. Экология урбанизированных территорий. 2014. № 4. С. 35-39.
2. Антропогенная нагрузка на реки урбанизированных территорий // Курочкина В.А., Богомолова Т.Г., Киров Б.Л. // Вестник МГСУ. 2016. №8. С. 100-109.
3. Исходные данные были взяты из отчёта Тверского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Центральное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» за 2016, 2017 и 2018 год.
4. Метода комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям.

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

АННОТАЦИЯ

В данной статье приведено исследование природных ресурсов и экологического состояния Ханты-Мансийского автономного округа - Югры. Нефтедобывающая отрасль, являясь важнейшей отраслью округа, оказывает негативное влияние на природную среду и приводит к ее трансформации. Вклад нефтяных месторождений в загрязнение окружающей среды связан с загрязнением подземных и поверхностных вод, почв и растительности, а также выбросами в атмосферу. Последние характеризуются нефтяными газами, продуктами сгорания нефти, компонентами испарения углеводородистых фракций.

Целью данной работы является анализ влияния добычи и использования природных ресурсов на экологическое состояние округа. В качестве основных материалов использованы данные общероссийских докладов об экологическом состоянии округа, литературные источники и личные наблюдения. В ходе исследования выявлена тенденция к некоторому улучшению экологического состояния округа.

ВВЕДЕНИЕ

ХМАО - Югра – самостоятельный субъект Российской Федерации. Округ расположен на Западно-Сибирской низменности, на берегах двух могучих рек – Оби и Иртыша (рис. 1), занимаемая им площадь составляет 534,8 тыс. кв. км. Югра обладает колоссальной минерально-сырьевой базой углеводородов, является одним из крупнейших нефтегазоносных районов России и мира. На территории округа открыто свыше 350 месторождений, среди которых имеются нефтяные и газовые, нефтегазовые и нефтегазоконденсатные (рис. 2).

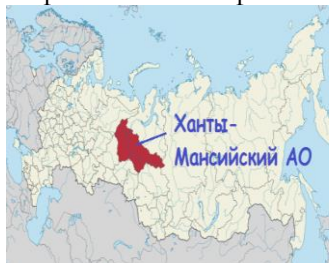


Рис. 1. Расположение ХМАО-Югры



Рис. 2 Процентное соотношение запасов углеводородных месторождений

ОСНОВНЫЕ ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ ОКРУГА

Наиболее значимые месторождения углеводородов: Самотлорское, Салымское, Приобское, Красноленинское, Приразломное. Рассмотрим некоторые из них более детально.

Самотлорское месторождение.

По размеру добычи нефти данное месторождение занимает первое место в России и входит в десятку крупнейших месторождений мира. Его запасы оцениваются в 7,1 млрд тонн [1].

Приобское месторождение.

Оно располагается в пойме реки Обь. Вследствие разлива реки данное месторождение в периоды паводков затопливается. Усложняет добычу нефти ещё и сложное геологическое строение месторождения. Оно характеризуется неритмичной слоистостью и малой проницаемостью некоторых слагающих его пластов. Разработка данного месторождения, ввиду специфики территории и его строения, ведётся путем гидравлического разрыва пласта.

Красноленинское месторождение.

Продуктивные толщи этого уникального месторождение находятся в отложениях верхней юры - абалакской свиты. Слагающие её битуминозные карбонатно-кремнисто-глинистые породы, по мнению некоторых ученых, представляют собой не только источник нефти, но и являются аккумулярующим ее резервуаром.

Кроме углеводородов, в Кожимском, Хальмерском и Хорасюрском, Маньинском, Тольинском рудных районах добываются золото и алмазы, медь, цинк и железо, марганец, титан, кварц и самоцветы.

На территории округа широко распространены такие осадочные горные породы обломочного происхождения как глина и песок. Распространены так же и фитогенные породы (диатомит) и породы смешанного генезиса (трепел и опока). Они добываются и используются как стройматериалы.

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОКРУГА

ХМАО-Югра, как уже было отмечено выше, является одним из крупнейших нефтегазоносных районов России и мира. Ежегодно здесь добывается около 40-45% всей нефти (рис. 3).



Рис. 3. Добыча нефти на территории РФ

Однако, нефтедобывающая отрасль, являясь важнейшим элементом промышленности округа, оказывает негативное влияние и приводит к трансформации природной среды. Вклад нефтяных месторождений в загрязнение окружающей среды связан с выбросами в атмосферу, которые характеризуются нефтяными газами, продуктами сгорания нефти, компонентами испарения углеводородистых фракций. Помимо этого, с нефтедобывающей отраслью связаны проливы на почву нефтепродуктов и компонентов.

Процесс отягчается еще и тем, что развитие нефтяной отрасли происходит экстенсивным путем. Нарушаются растительный и почвенный покровы, происходит загрязнение окружающего воздуха, отходы нефтедобычи проникают во все сферы человеческой жизни и природной среды.

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Для наблюдения за качеством поверхностных вод было установлено свыше 1,7 тыс. пунктов, охватывающих 800 водотоков и водоемов, которые наиболее загрязнены нефтегазовыми и промышленными предприятиями региона.

Также в целях контроля экологической обстановки 57-ю предприятиями округа были представлены протоколы исследований количественного химического анализа (КХА) загрязняющих веществ, содержащихся в почвах. Всего было проанализировано более 25 тысяч проб почв. В пробах определялись следующие компоненты: рН солевой

вытяжки, нитраты, фосфаты, сульфаты, хлориды, нефтепродукты и подвижные формы железа, цинка, марганца, меди.

Также, согласно постановлению [3], особенно актуальным для данного региона является ежемесячный отбор проб поверхностных и подземных вод, загрязненных нефтепродуктами.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Качество поверхностных вод

Спецификой округа является повышенная заболоченность местности, вследствие чего водам присуща, в основном кислая, слабокислая, реже нейтральная реакции.

Поэтому более половины из отобранных проб поверхностных вод не соответствует нормативам. Именно по этой причине в них отмечаются сверхнормативные содержания железа -15 ПДК, марганца -10 ПДК, цинка -2,1 ПДК и меди -4 ПДК (рис. 6). Данные элементы могут легко мигрировать и в подземные воды.

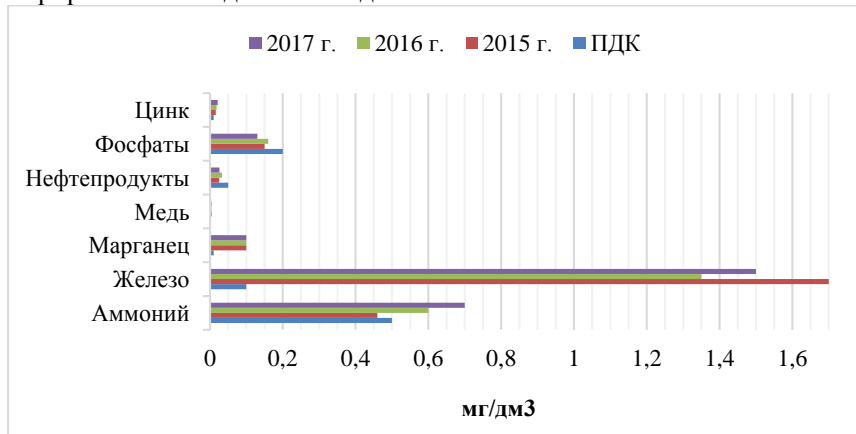


Рис. 6. Усредненные концентрации загрязняющих элементов в поверхностных водах. Статистика 2015-2017 гг.

Анализируя данные предыдущего периода, следует отметить повышение качества вод. Улучшение связано с уменьшением показателей БПК и снижением концентраций углеводов, сульфатов, фосфатов, хлоридов.

Контроль проб поверхностных и подземных вод, загрязненных нефтепродуктами, показал, что их число снизилось (рис. 7,8).

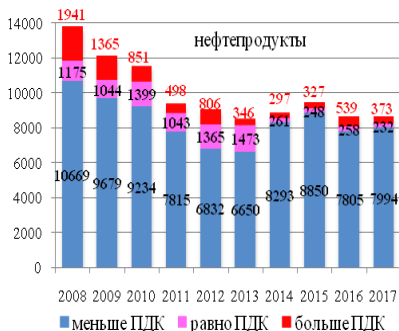


Рис. 7. Количество проб с содержанием нефтепродуктов выше ПДК

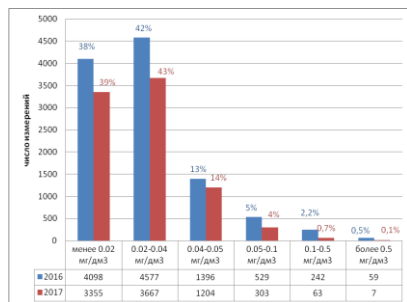


Рис. 8. Распределение концентрации нефтепродуктов в природных водах

Как следует из рис. 7, в 2017 году отмечено 373 случая превышения ПДК нефтепродуктов в природных водах. Больше всего данных случаев произошло на хорошо разработанных месторождениях, связанных с большой вероятностью происхождения аварии.

Единственный отмеченный случай превышения ПДК хлоридов свидетельствует о положительной динамике снижения: в 2016 зафиксировано 39 случаев. Данная динамика отражает также уменьшение пагубного влияния нефтегазового комплекса на природу округа.

Впрочем, необходимо также понимать, что всякий, даже одиночный, случай превышения ПДК отражает чрезвычайное техногенное влияние и угрозу водным экосистемам.

Состояние почв в границах лицензионных участков недр

Выявлена тенденция к улучшению качества вод и почвенного покрова в совокупности.

Как следует из рис. 9, наблюдается уменьшение концентраций хлоридов, нефтепродуктов, нитратов, меди.

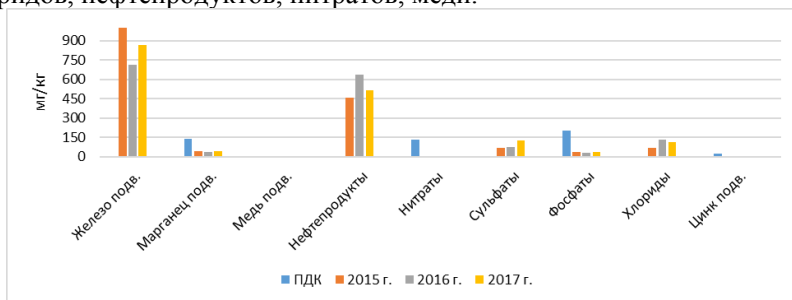


Рис. 9. Содержание загрязняющих веществ в пробах почв в 2015-2017 гг.

ВЫВОДЫ

В ходе исследования были выявлены следующие проблемы:

1. Вследствие специфики округа (повышенной заболоченности) более половины проб поверхностных вод загрязнены тяжелыми металлами, вследствие их высокой подвижности в кислой среде.

2. Негативное воздействие нефтегазового комплекса на окружающую среду.

3. Решение проблемы разлива нефтепродуктов путем отсыпки песком. При этом ситуация не только не улучшается, но и напротив, ещё более усложняется, ведь при этом опасные вещества проникают в почвы, мигрируют в воды, переносятся животными и т.д.

4. Проблема утилизации попутного нефтяного газа. Данная проблема, решаемая путем сжигания газа на факельных установках, влечет за собой деградацию лесных биогеоценозов.

Для улучшения экологической ситуации рекомендуется принять следующие меры:

1. Ужесточить контроль;
2. Устранять аварии и разливы согласно техническим требованиям;

3. Не использовать трубопроводы более срока их эксплуатации;

4. Использовать новейшие технологии антикоррозионной защиты;

5. Применять на территории месторождений только новейшие и экологически безопасные технологии, которые позволят высокоэффективно выполнять природоохранные мероприятия.

Следование данным рекомендациям позволит значительно улучшить экологическую обстановку в округе и благоприятно скажется на здоровье жителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Архив Югры. [Электронный ресурс]: История архивного дела в Югре. URL: <https://arhivugra.admhmao.ru/arkhivnoy-sluzhbe-yugry-80-let/istoriya-arkhivov-yugry/395490/istoriya-arkhivnogo-dela-v-yugre>.

2. [Электронный ресурс]: URL: <http://hmao.tpprf.ru/ru/region>.

3. Постановление Правительства автономного округа от 23.12.2011 года № 485-п.

4. [Электронный ресурс]: Геология ХМАО. URL: https://geografiyahmao.blogspot.com/2011/10/blog-post_8695.html

5. Большая российская энциклопедия. [Электронный ресурс]: Ханты-Мансийский автономный округ – Югра. URL: <https://bigenc.ru/geography/text/4729387>.
6. [Электронный ресурс]: Геологическая отрасль. URL: <https://depeconom.admhmao.ru/upload/iblock/5f4/geologicheskaya-otrasl.pdf>.
7. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре за 2017 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.admhmao.ru/socium/ekologiya/Doklad_2010.pdf.
8. [Электронный ресурс]: Приобское НМ – сложное, но перспективное нефтяное месторождение в ХМАО. URL: <http://greenologia.ru/eko-problemy/proizvodstvo-neft/priobskoe-mestorozhdenie.html>
9. [Электронный ресурс]: Принцип разработки Самотлорского месторождения. Динамика основных показателей разработки Самотлорского месторождения. Осложнения при эксплуатации скважин. URL: <https://vunivere.ru/work18114>.
10. *Кожухова О. Э.* [Электронный ресурс]: Негативное воздействие деятельности российских нефтегазовых компаний на экологию Ханты-Мансийского автономного округа -Югры: пути решения проблем. URL: http://www.rusnauka.com/1_NIO_2012/Pedagogica/3_98919.doc.htm

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЕРМСКОГО КРАЯ

ВВЕДЕНИЕ

Современная Пермь – это развитый торгово-промышленный город на востоке европейской части нашей страны. Площадь города составляет 799,68 кв. м. – это самая большая площадь после Москвы и Санкт-Петербурга. Само название города, как полагают, произошло от слова «Парма» – «возвышенность, поросшая еловым лесом», либо от «Пэре Маа», что в переводе с языка народа веси означает «дальняя земля» [1].

Одной из самых частых проблем в городе и его окрестностях является загрязнение атмосферного воздуха. Основным источником загрязнения – нефтеперерабатывающий завод ПНОС, который находится достаточно близко к городской черте. В виду устаревших технологий производства и плохой переработки отходов периодически происходят аварии с вредными выбросами в атмосферу.

Еще одна из наиболее частых проблем – развитие карстовых процессов, ведущих к провалам в Березниках и Соликамске. Этот вопрос актуален, прежде всего, потому, что из-за провалов грунта страдает вся инфраструктура этих поселений и, прежде всего, карстово-суффозионные процессы нарушают нормальную работу железнодорожных путей.

В 2004 г. Законодательное Собрание Пермской области обозначила задачи развития экологической политики Пермского края, которые должны решать все органы власти. Основными задачами это программы являются облагораживание окружающей среды и обеспечение экологической сохранности населения и территорий края. Принятый акт рассматривает возможность усовершенствование природоохранного законодательства Пермского края, в т.ч. разработка различных законов и нормативных правовых актов, обозначающие направление развития вопроса об экологической ситуации края. Например, закон «О природном наследии», который обозначает важность соблюдения поэтапного приближения к нормативным показателям качества окружающей среды и график реализации природоохранных мероприятий при обозначении границ на использование природных ресурсов; закон «Об экологическом аудите», который предусматривает упрощенную систему экологических форм учета и отчетности предприятий и организаций региональной компетенции [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Чтобы установить наиболее загрязненные районы в городе Перми, производился отбор атмосферного воздуха на метеопостах и его химический анализ. Затем, по концентрации основных вредных веществ рассчитывался индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) в каждом районе.

Для установления причин провалов грунта, использовались геофизические методы. Чаще всего это сейсмические исследования. Сущность их заключается в создании искусственных колебаний в земной коре и проведение анализа отраженной волны, которая приходит на специальные аппараты-сейсмографы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По данным мониторинга валовые выбросы в атмосферу Перми и Пермского края от стационарных источников несколько снизились по сравнению с 2013 г. (рис.1). Для того, чтобы выявить степень загрязнения разных районов г. Перми, были рассчитаны индексы загрязнения атмосферы ИЗА и построена диаграмма с показателями в разных районах (рис.2). По данному показателю самыми загрязненными являются Мотовилихинский и Индустриальный районы, т.е. это – именно те районы, где находятся источники загрязнения – ПНОС и завод «Пермские моторы».

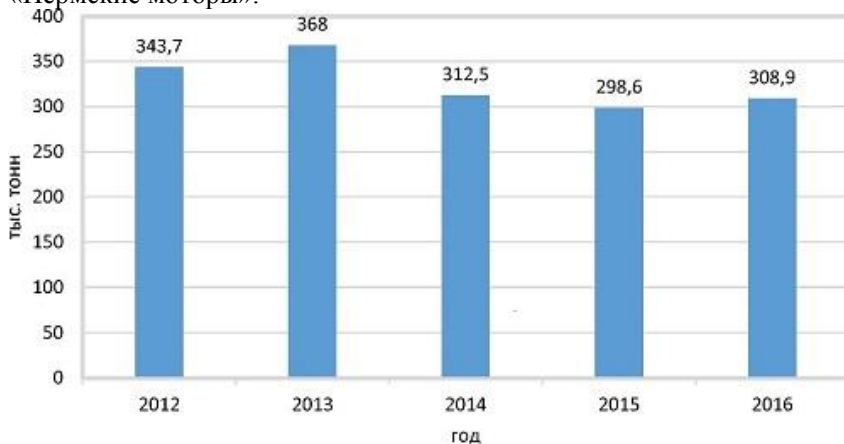


Рис. 1 Валовый выброс в атмосферу Перми и Пермского края от стационарных источников.

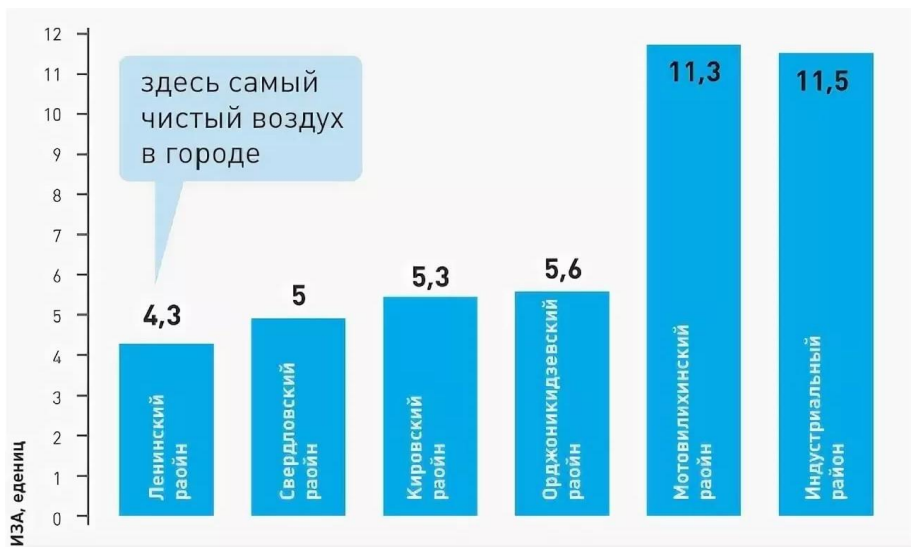


Рис. 2 Рейтинг загрязненных районов г. Перми

Распределение индексов загрязнения атмосферы (ИЗА), отражающего качества атмосферного воздуха, по площади столицы края показано на схеме (рис.3).



Рис. 3 Схема качества воздуха по показателю ИЗА в разных районах г. Перми

Что касается провалов в Березниках и Соликамске, то по заключениям геологоразведочных исследований были составлены

сейсмограммы, уточняющие границы оползней и провалов. Комплекс мероприятий показал, что проседания грунта связано с обширным выработанным пространством рудника БКПРУ-1 и карстово-суффозионными процессами [3].

ВЫВОДЫ

Таким образом, для предотвращения провалов на севере края, где широкое развитие имеют карстующиеся породы и ведется (подземным способом) добыча соли, рекомендуется засыпать выработанное пространство в горных выработках после их проходки и учитывать возможность активизации карстово-суффозионными процессов при проектировании и эксплуатации шахт в сложных горнотехнических условиях края.

Для решения других экологических проблем в Перми и Пермском крае следует провести модернизацию технологий производства и оборудования. На сегодняшний день экологическая ситуация в Перми и Пермском крае становится лучше, но по нормативным показателям она все еще остаётся весьма критичной.

Стоит отметить, что экологическая обстановка в целом зависит и от самих граждан города, от их компетенции и сознательности в этом вопросе. Существует множество программ, предусматривающих развитие и усовершенствование обстановки города, например, озеленение лесных массивов жителями, субботники и т. д.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Коллектив авторов.* Атлас Пермского края // Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь: 2012. – 20 с.
2. *Толчин С. В.* «Совершенствование механизмов разработки и реализации региональной экологической политики на примере Пермского края» // Пермский государственный научно-исследовательский университет. 2014. – 124 с.
3. *Красильников П. А.* Информационно-картографическая модель комплексной оценки природных ресурсов Пермского края // Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь: 2011. – 132 с.

ИСТОЧНИКИ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ МОСКВЫ

АННОТАЦИЯ

Каждый ли из нас осознает, что означает слово «радиация»? Что больше она приносит человеку: пользу или вред?

Предприятия, так или иначе связанные с радиоактивными материалами, нередко располагаются в черте города, что приводит к разного рода загрязнениям и превышению радиоактивного фона выше нормы, также существенную роль играют аномалии плотности потока радона. Какая на сегодняшний день радиационная обстановка в городе? Насколько безопасны производства ядерного комплекса, и кто занимается устранением данной проблемы? Именно на эти вопросы мы постараемся ответить в данной статье.

ВВЕДЕНИЕ

Трагедии на Чернобыльской АЭС 1986 года и ПО «Маяк» 1957 года поселили страх населения перед словом «радиация». Однако большинство из нас уверены: пока не произошло страшной аварии, все хорошо. Но это печальное заблуждение, потому что даже жители городов, далеких от АЭС, вовсе не застрахованы от того, чтобы получить вредную для организма порцию радиационного облучения.

Давайте задумаемся: какой радиационный фон в Москве? Превышает ли он норму? Какие районы считаются неблагоприятными в этом плане? Догадываемся ли, что покупка квартиры в новостройках Москвы может привести к серьезным неприятным последствиям? А причины могут быть разные. Одна из них – нахождение новостройки в непосредственной близости от источников излучения: заводов, институтов, радиоактивных свалок. Другой причиной могут быть аномалии плотности потока радона, связанные с тектоническими условиями расположения объектов. [1]

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Авторы в своих исследованиях опираются на общепринятые в радиоэкологии понятия. Под словом радиация понимают все виды ионизирующих излучений (потоков заряженных и нейтральных частиц), а также электромагнитное излучение некоторых диапазонов. Радиоактивностью называют способность некоторых атомных ядер самопроизвольно превращаться в другие с испусканием элементарных частиц и различных видов излучения, в том числе и ионизирующего.

Однако данное явление пагубно влияет на человека и другие живые существа: изменения, наступающие в организме, приводят к развитию болезней различной степени тяжести и вплоть до летального исхода. Под действием малых доз развиваются ожоги кожи, поражаются слизистые дыхательных путей; если же воздействие радиации достаточно сильное, то организм поражают опухоли, онкологические заболевания, происходит отказ или неправильная работа внутренних органов. Влияние данного явления на живой организм приводит к снижению жизнеспособности, поэтому перед современными учеными и разработчиками стоит задача не только изучения и применения, но и вопрос о том, как обезопасить себя от губительного излучения и предотвратить страшные последствия.

История этой проблемы уходит к тем временам, когда было открыто само это явление и началось освоение мирного атома. Так, например, ученые Беккерель, супруги Кюри во время работы с опасными образцами получали ожоги, а также это в дальнейшем повлияло на развитие лучевой болезни (ее ранним симптомом у Пьера Кюри стала неврастения, а у его супруги – катаракта и анемия). Наши соотечественники-ядерщики на ранних этапах тоже не верили в опасность радиации. Известно, что даже сам Курчатов на первом реакторе строил защиту от быстрых нейтронов из дров с дополнительным поливом водой. Затем появились так называемые «металлические кастрюли», экранирующие излучение; для жидких радиоактивных отходов это считалось роскошью. Эти отходы сначала напрямую, а позже уже в разбавленном до предельных уровней виде сбрасывали в близлежащую руку. [2]

Также для человека представляет опасность аномальная плотность потоков радона, этим вопросом на территории Москвы занимались Микляев П.С., Петрова Т.Б., Клишин А.В. [3]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являются источники радиации в Москве, наиболее значимыми из которых являются предприятия ядерного комплекса (ПЯК). Вторым по значимости фактором и источником повышенного радиационного фона являются аномалии плотности потока радона.

Методом выполнения исследования являются наблюдения, анализ и изучение общедоступных источников информации, таких как Интернет-ресурсы и опубликованные литературные данные, а также их обобщение. Материалом исследований являются данные, полученные из вышеупомянутых источников.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В Москве, как известно, сосредоточено огромное количество предприятий различных отраслей народного хозяйства. Также в городе расположены ведущие исследовательские центры, лаборатории и другие объекты научной деятельности.

Уровень радиации в Москве несколько завышен по нескольким причинам: вследствие геологических условий (аномалии плотности потока радона), медицинских и других исследований, а также из-за нахождения в черте города предприятий, непосредственно связанных с радиоактивностью (ПЯК) и применением в хозяйственной деятельности некоторых других предприятий материалов с повышенной относительно норм радиоактивностью. Рассмотрим некоторые ПЯК подробнее и оценим их влияние на экологическое состояние столицы. [4]

ПРЕДПРИЯТИЯ ЯДЕРНОГО КОМПЛЕКСА КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ

Советский и российский научно-исследовательский институт был основан в 1943 году и с настоящего время подчинен Правительству Российской Федерации. Основными направлениями деятельности являются безопасное развитие ядерной энергетики, управляемый термоядерный синтез, а также исследования в области химии и экологии.

Первый в СССР был запущен именно здесь в далеком 1946 году. Тогда отношение к радиоактивным отходам было легкомысленное, и их захоронения проводили прямо на территории института, на берегу Москвы-реки. Могильники сейчас находятся в аварийном состоянии, ежегодно из них вывозятся сотни кубометров радиоактивных отходов [5]. Однако этот процесс протекает медленно, и велика вероятность того, что заражению подвергнется не только почва близлежащих территорий, но и подземные воды, которые, попадая в Москву-реку, могут доставить радиоактивные Cs-137 и Sr-90 к Кремлю, Коломенскому, Бронницам и т.д.

НИЯУ МИФИ

Московский инженерно-физический институт знаменит своими достижениями в области ядерной физики, тесно связан с Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» и Международным агентством по атомной энергии. Первоначальной целью института ставилась подготовка специалистов для военных и атомных программ Советского Союза, а сейчас НИЯУ МИФИ служит площадкой для проведения всевозможных событий в мире науки.

На территории университета находится научно-исследовательский ядерный реактор бассейнового типа, рядом расположен завод Полиметаллов. Данное соседство привело к тому, что

недалеко от Каширского шоссе, на берегу Москвы-реки образовались крупные свалки радиоактивного грунта и отходов. Совместная деятельность организаций привела к попаданию в воду радиоактивных веществ, что подтверждается завышенным радиоактивным фоном в музее-заповеднике Коломенское.

Вывоз радиоактивного грунта осложняется его объемом и значительной крутизной берега [6]. Склоны реки тут подвержены оползням. И, если начать работы, то нарушится сложившаяся структура грунта, произойдет активизация оползневой деятельности; не вывозить его тоже нельзя: радионуклиды (Cs-137 и Sr-90) попадут в реку вместе с поверхностным стоком и грунтовыми водами.

ИТЭФ

Институт теоретической и экспериментальной физики принимает активное участие в экспериментах на уникальных ускорителях и реакторах в своём институте (первый реактор заработал в 1949 году) и в международных научных центрах CERN, DESY, FNAL и других. С 1969 года протонный синхротрон ИТЭФ используется для лечения онкологических больных. Экспериментальный Центр протонной лучевой терапии ИТЭФ является одним из крупнейших в мире и вторым (после Центра в Гарварде, США) по накопленному клиническому опыту. Совместно с московскими клиниками была проведена радиотерапия более 3330 больных, что составляло около четверти всего мирового опыта протонной лучевой терапии.

Институт находится в густонаселенном районе в окружении большого количества жилых домов. Несмотря на то, что все исследования проводятся в плановом режиме и без сбоев, радиоактивный фон тут всегда выше нормы [7].

АНОМАЛИИ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА РАДОНА В МОСКВЕ

Плотность потока радона (ППР) в Москве по данным массовых замеров в отдельных точках на участках строительства превышает 1000 мБк/м²·с. Максимальные значения ее достигали 5000 мБк/м²·с, а некоторые – даже 10 000 мБк/м²·с. Массовые замеры проводились сотрудниками Института Геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН и МГУ им. М.В. Ломоносова в период с 2002 по 2007 гг. Ими было обследовано более 900 строительных участков, на 52 из которых наблюдались аномально высокие значения ППР. В процессе проведения инженерно-геологических изысканий были пробурены скважины, из которых отбирались пробы. Было установлено, что содержания радия-222 в пробах не превышало 5-50 Бк/кг, что значительно ниже установленной нормы удельной активности для пород разреза. По этим данным был сделан вывод, что высокая ППР не связана с повышенными концентрациями радия в грунте. Таким образом, источники

радиоактивных значений ППР неясны [8]. По предположению авторов, которые согласуются с литературными данными, подобные «факельные выбросы» радона [3] связаны с техногенной активизацией микросейсмических явлений в блоках земной коры повышенной проницаемости, или геодинамической активизации.

БОРЬБА С РАДИАЦИОННЫМИ ЗАГРЯЗНЕНИЯМИ

В настоящее время на обращении с радиоактивными отходами специализируется такая организация как ФГУП «Радон». Предприятие осуществляет их сбор, транспортировку, переработку и хранение, а также проводит радиационно-аварийные работы по удалению радиоактивных загрязнений и радиоэкологический мониторинг населенных пунктов и окружающей среды. ФГУП «Радон» расположено в Сергиево-Посадском районе и специализируется на обращении с радиоактивными отходами (РАО) средней и низкой активности, образующимися в народном хозяйстве (при работе научно-производственных комплексов, промышленных предприятий, медицинских учреждений, сельском хозяйстве и т.д.).

Данная организация работает не только на территории Москвы и Подмосковья, но и на всей европейской части России.

ФГУП «Радон» проводит радиационный контроль строительных площадок и радиационно-опасных объектов, кроме выше обозначенных мероприятий. Благодаря деятельности данной организации уровень радиации в столице заметно снизился, были ликвидированы многие радиоактивные источники. Деятельность организации помогла понизить уровень радиации в проблемных участках в 5÷100 раз. Захоронения зараженных материалов и механизмов производятся в специальных контейнерах, со сроком разложения в не менее 300 лет, с последующим кондиционированием (цементированием), а также производится плазменная переработка твердых радиоактивных отходов. [9]

Однако не везде у данного предприятия есть доступ к источникам загрязнения: довольно часто они могут располагаться на закрытых территориях, куда очень проблемно попасть и проводить работы. К тому же многие данные бывают засекречены. Им вменено в обязанность ведение объектного мониторинга состояния недр, но их данные не всегда объективны и не позволяют оперативно обнаруживать радиоактивное или химическое загрязнение и своевременно оценивать динамику и масштаб развития негативных процессов, связанных с загрязнением. Все это крайне усугубляет экологическую ситуацию.

ВЫВОДЫ

1. Несмотря на то, что цель работы организаций и предприятий, связанных с радиоактивными веществами, направлена

исключительно на благо людей - на развитие ядерной энергетики, безопасности, медицины, - происходит нежелательное косвенное загрязнение окружающей среды как непосредственно радиоактивными отходами, так и в результате нежелательного воздействия на население ионизирующего излучения.

2. Многие реакторы, запущенные в столице, работают уже не один десяток лет, и велика угроза аварий из-за изношенности оборудования.

3. По мнению авторов, необходима программа вывода радиационно-опасных объектов за пределы города.

4. Организации ФГУП «Радон» нужно продолжать свою деятельность по очистке и вывозу опасных веществ. Однако, по мнению авторов, которое согласуется [10], необходимо узаконить федеральную программу мониторинга на предприятиях, связанных с обращением радиоактивных веществ и в зонах их влияния и создать условия для доступа независимых наблюдателей к таким закрытым объектам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Какой радиационный фон в Москве? (<http://fb.ru>)
2. *Литовский В.В.* Урал. Радиационные катастрофы. Теча, изд. «Экорад», 1992, 74 с.
3. *Микляев П.С., Петрова Т.Б., Макеев В.М., Климишин А.В.* Аномалии плотности потока радона на территории Москвы//Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокириология, 2017, №5, с.39-47.
4. Недвижимость Москвы в зонах радиации. (<http://www.msknov.ru>)
5. Курчатовский институт: мощность и нормы излучения в норме, но аварии не исключены. (<https://echo.msk.ru>)
6. Радиоактивная свалка на берегу Москвы-реки: волокита и безответственность. (<https://bellona.ru>)
7. Ядерные реакторы в Москве. (<http://www.msknov.ru>)
8. *Маренный А.М., Цапалов А.А., Ми-кляев П.С., Петрова Т.Б.* Закономерности формирования радонового поля в геологической среде. М.: «Перо», 2016.394 с.
9. ФГУП «Радон». (<http://www.radon.ru>)
10. *Ю.Н. Лукьянова, О.К. Криночкина.* Проблемы охраны геологической среды на объектах обращения с радиоактивными отходами // Материалы X Международной научно-практической конференции по проблемам снижения природных опасностей и рисков «Геориск-2018». Том II. Москва, Российский университет дружбы народов, 2018. С. 355-358.

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

АННОТАЦИЯ

Целью работы было ознакомиться с особенностями проведения геодезического мониторинга большепролетных зданий и сооружений. Рассмотреть реализацию методов проведения мониторинга обозначенных зданий и сооружений. В представленной работе выполнен анализ точности геодезических измерений при мониторинге большепролетных зданий и сооружений. Материал был взят из научной литературы, использовались методики геодезических измерений при определении деформации сооружений. В ходе исследования был произведен сравнительный анализ наиболее точных и эффективных способов геодезического мониторинга и сделан вывод о возможности наиболее широкого применения спутниковых технологий при определении деформаций сооружений.

ВВЕДЕНИЕ

Геодезический мониторинг зданий и сооружений представляет собой комплекс работ, осуществляемый в процессе строительства или эксплуатации объектов с целью наблюдения за деформациями. Исследования направлены на выявление величин деформаций, а также установку причин их появления. В нормативных актах СНИП, СП и ГОСТ предусмотрены осадки, крены и различные деформации зданий, которые допустимы в процессе их возведения. Проведение данного вида геодезических работ является обязательным и регламентируется нормативными документами. Это позволяет своевременно определить причины образовавшихся отклонений и проанализировать создаваемую ими опасность, разработать специальные мероприятия, позволяющие избежать влияния негативных процессов и сэкономить средства на ликвидации их последствий.

Масштабное строительство в крупных городах сопровождается постоянным ростом сложности возводимых объектов и условий, в которых осуществляется их строительство. Большую часть нового строительства составляют технически сложные, уникальные объекты – высотные здания, сооружения с большепролетными конструкциями, связанные в основном с массовым пребыванием в них людей. Практика эксплуатации сооружений, имеющих необычную конструкцию объектов, показала, что уже сразу после сдачи в эксплуатацию выявляются недостатки. Сегодня наиболее эффективным способом

прогнозирования и предупреждения аварийных ситуаций является мониторинг их технического состояния, который ведется в постоянном режиме на стадиях строительства: перед началом строительства (мониторинг массива грунта и котлована), на начальном этапе строительства, в процессе возведения надземной части здания и в течение пяти лет после ввода объекта в эксплуатацию.

Очень важно знать с какой периодичностью нужно проводить измерения. Для это вводится такое понятие как циклы мониторинга:

Табл. 1. Циклы геодезического мониторинга

№ п.п.	Вид деформации	Цикличность						
		во время строительства и монтажа один раз в месяц					во время эксплуатации	
		возведение фундамента	возведение колонн	монтаж металлоконструкций	раскрытие	завершение строительства	4 раза в год (до 5 лет)	2 раза в год (после 5 лет)
1	Абсолютная осадка	+	+	+	+	+	+	+
2	Относительная осадка	+	+	+	+	+	+	+
3	Отклонение от вертикали	-	+	+	+	+	-	-
4	Смещение верха колонн	-	-	+	+	+	-	-
5	Сжатие или усадка колонн	-	-	+	+	+	-	-

Рассмотрим некоторые способы геодезического мониторинга.

Перспективными геодезическими средствами, используемыми для решения задачи пространственно-координатного мониторинга, являются приборы GPS-позиционирования, которые на современном этапе позволяют определять пространственные координаты точек с точностью до 1 см, что для высотных сооружений с возможными горизонтальными перемещениями порядка нескольких десятков сантиметров представляет довольно высокую точность.

Исключение ошибок при измерениях производится при дифференциальном способе наблюдений - DGPS (Differential GPS). Измерения выполняются двумя приемниками: один устанавливается в определяемой точке, а другой располагается на базовой станции с известными координатами. В режиме DGPS измеряют не абсолютные

координаты первого приемника, а его положение относительно базового. При дифференциальном режиме съемки точность фазовых измерений достигает миллиметровой точности. Наилучшие показатели имеют фазовые двухчастотные приемники. Например, Trimble 5700, представленный на рис.1 и точностные характеристики которого изложены в таблице 2.

Глобальная спутниковая навигация изменяет традиционную технологию геодезических работ. Одним из важных аспектов GPS по сравнению с обычными методами съемки является получение трех координат точки. Трехмерное положение точек получают с помощью засечек с искусственных спутников Земли. По сравнению с электронным тахеометром она имеет следующие преимущества:

- непрерывность измерений, что возможно и в реальном масштабе времени, и с постобработкой;
- полная автоматизация измерений и обработки результатов;
- исключается необходимость располагать пункты с условием обеспечения взаимной видимости между ними;
- полевые работы могут выполняться аппаратурой, не требующей от персонала высокой квалификации;
- измерения можно производить при любых погодных условиях;
- время наблюдений на пункте, как правило, не превышает одного—двух часов;
- одновременная видимость нескольких спутников позволяет исключать основные источники погрешностей в спутниковых наблюдениях.



Рис.1 Trimble 5700

Но при спутниковом методе не на каждой конструкции имеется возможность установить GPS-приемник, улавливающий сигналы.

Рассмотрим способ геодезического мониторинга с помощью современных электронных тахеометров. Для периодического контроля пространственного положения объектов используются электронные тахеометры, отвечающие заданным требованиям к точности измерения деформаций сооружений. Для представленные такими производителями как Trimble Navigation и Leica Geosystem. Безотражательны тахеометры позволяют с высокой точностью производить съемку недоступных для установки отражательных призм точек на фасадах зданиях. Роботизированные измерения осуществляются с помощью технологии Robotic, при этом управление прибором и сбор данных измерений осуществляются дистанционно по радиомодему. Роботизированные системы эффективно используются для слежения за деформациями объектов, съемки движущихся объектов и т.д.

Для проведения мониторинга уникальных сооружений с помощью электронных тахеометров необходимо на стадии инженерных изысканий создавать более плотную геодезическую сеть, обеспечивающую необходимую точность результатов геодезических измерений. Строительство дополнительных геодезических пунктов вокруг сооружения приведет к удорожанию данного способа.

Табл. 2. Сравнительный анализ двух способов геодезического мониторинга

Длина большепролетных зданий и сооружений	Необходимые требования		Измерения тахеометром	Измерения gps-приемником
50 м	Для тахеометров	Для gps-приемников	5-10 мм	при статической съемке: СКО в плане 5 мм + 0,5 мм/км; СКО по высоте 5 мм + 1 мм/км; при кинематической съемке: СКО в плане 10 мм + 1 мм/км; СКО по высоте 20 мм + 1 мм/км.
	1.визирь для предварительного ориентирования тахеометра и отражателя;	1.блок совмещенной антенны, обеспечивающей прием сигналов ГНСС ГЛОНАСС/GPS/GA ЛИЛЕО и дифференциальных поправок от радиомаяков;		
70 м	2.установочный уровень; приспособление для измерения высоты тахеометра;	2.процессор, обеспечивающий расчет географических координат и	5-10 мм	
	3.индикацию превышения		5-10 мм	

90 м	предельно допустимого угла наклона вертикальной оси тахеометра	параметров движения судна; 3.устройство, обеспечивающее отображение географических координат и, если необходимо, другой вводимой/выводимой информации; 4. модуль приемоизмерительный корректирующей информации, передаваемой радиомаяками в диапазоне 283,5-325 кГц		
------	--	---	--	--

На основании выше изложенного можно сделать следующее предположение:

если на стадии проектирования уникальных сооружений предусмотреть строительство специальных площадок на крыше сооружения, которые будут служить маркировочными марками для определения деформаций с помощью GPS- приемников, то можно избежать затрат на строительстве дополнительных геодезических пунктов для обеспечения мониторинга большепролетных сооружений традиционными методами. Использование GPS- приемников на крышах сооружений позволит производить геодезический мониторинг в сложных погодных условиях на городских территориях с высотной застройкой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 54119-2010 Глобальные навигационные спутниковые системы.
2. ГОСТ Р 51774-2001 Тахеометры электронные. Общие технические условия.
3. Методика геодезического мониторинга технического состояния высотных и уникальных зданий и сооружений (МДС 13-22.2009).
4. Марфенко С.В. «Геодезические работы по наблюдению за деформациями сооружений», Москва, МИИГАиК, 2004 г.

Студент 1 курса 2 группы ИГЭС А.А. Благодатский

Студентка 1 курса 2 группы ИГЭС П.О. Николаева

Научный руководитель – доц., к-т геол.-мин. наук Э.З. Кучуков

О НАВЕДЁННЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ В АСЕЙСМИЧЕСКИХ ЗОНАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

АННОТАЦИЯ

Анализ причин крупных аварий инженерных сооружений с человеческими жертвами на урбанизированных территориях со сложными инженерно-геологическими условиями в пределах плотной городской застройки в России и за рубежом показал, что разрушение торговых, спортивных и развлекательных центров, построенных с ошибками при проектировании и недостаточным вниманием к результатам инженерно-геологических изысканий, за последние четверть века обусловлены еще и проявлением наведённых техногенных землетрясений, вызванных резонансной вибрацией от разного вида транспорта (наземного и подземного) и механизмов (вентиляционных, насосных, холодильных и строительных).

ВЕДЕНИЕ

В традиционной динамике строительных сооружений в настоящее время господствует концепция собственных частот колебаний строительных элементов, совпадения которых с частотой нагружения может приводить к резонансным явлениям. Однако, все чаще мы сталкиваемся как в нашей стране, так и за рубежом с катастрофическими разрушениями достаточно сложных, пространственно развитых сооружений, построенных на асейсмической территории плотной городской застройки в сложных инженерно-геологических условиях. Ярким примером подобных аварий могут являться малоэтажные здания в Россия г. Москва (Трансвааль-парк в Ясенево, Басманный рынок и Ледовый дворец в Крылатском), торговых центров в Южной Корее г. - г. Сеуле (ТЦ Сампунг) и в Литве - г. Рига (Максима в Золотуде), Бангладеш- г. Дакка (торговый центр Рана Плаза в Сааре) Маловероятно, что причиной этих событий являются небольшие статические нагрузки. Скорее всего, такие сооружения находятся в области критической устойчивости, обусловленной действием многих различных динамических воздействий, как природных, так и техногенных. Изучение этих воздействий является очень актуальным вопросом в настоящее время.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В своих работах авторы [1-3] указывают, что за последние 30 лет с увеличением интенсивности массового, жилищного, высотного, подземного строительства в городских асейсмических условиях наблюдается возрастание количества мелких (2-4 балла) природных землетрясений, а также возможно проявление планетарной пульсации с амплитудой колебаний до 10 см при строительстве на пойменных территориях долин крупных рек, бывших свалках засыпанных бывших оврагов и долин мелких речушек, а также в пределах глубинных врезов. При этом авторы [4,5] в своих работах обращают внимание на то, что в условиях плотной городской застройки и увеличения количества различных видов наземного и подземного транспорта, а также скорости его движения усиливается влияние его динамического воздействия на прочностные и деформационные свойства грунтов основания зданий и геологической среды подземных сооружений с одной стороны, на элементы конструкции инженерных сооружений с другой стороны, и возникновения под их воздействием гармоничных колебаний самого инженерного сооружения [5].

Авторы [1-5] сходятся во мнении что, отсутствие реального контроля за инженерными изысканиями, проектированием, строительством и эксплуатацией этих сооружений, не выполнение проектных решений приводит к ослаблению конструктивных элементов здания и ухудшению безопасности людей. Следует также отметить, что совокупность воздействий слабых природных землетрясений, планетарной пульсации в зоне тектонического нарушения, вибрации внутри и вне зданий торгового и развлекательного типа, построенных в сложных инженерно-геологических условиях приводит к возникновению резонанса каких-либо колебательных воздействий и проявлению техногенного наведённого локально направленного землетрясения, ведущего к катастрофе и разрушению здания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим проблему динамических воздействия на здания торгово-развлекательной направленности на примерах. 29 июня 1995 года в районе Сочхогу в Сеуле, Республика Корея, произошло обрушение торгового центра Сампунг (рис. 1). Это самая крупная катастрофа мирного времени в истории Южной Кореи, погибло 502 человека, 937 получили ранения.

По заключению комиссии, расследовавшей инцидент, главной причиной обрушения стала работа кондиционеров. В результате динамических воздействий от вибрации в строительных конструкциях постепенно образовывались трещины.

14 февраля 2004 г. в московском районе Ясенево произошло обрушение купола крупнейшего на тот момент в России аквапарка "Трансвааль-парк" (рис. 2). Монолитный купол из тонкостенного бетона рухнул на водную зону комплекса.

Одной из возможных причин обрушения этого здания является вибрация. Предположительно под воздействием этой вибрации в тонкостенных элементах аквапарка возникали поперечные волны, которые приводили к появлению изгибных деформаций. Если возмущающие колебания не совпадают по частоте с собственными колебаниями системы, разрушение вряд ли может произойти. Опасность вызывают колебания с частотами, близкими к собственной частоте системы. В таких случаях конструкция может войти в резонанс и разрушиться.



Рис. 1. Торговый центр Сампунг

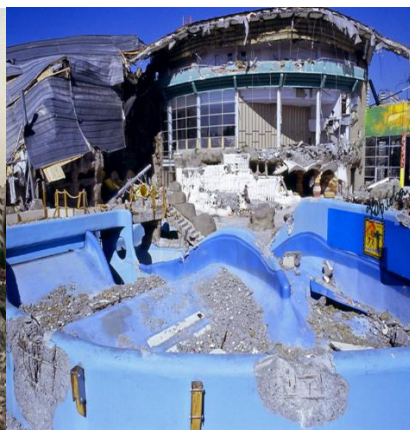


Рис. 2. Трансвааль парк

23 февраля 2006 г. в Москве рухнули кровля и часть железобетонных конструкций здания Басманного рынка. Экспертная комиссия установила, что крыша обрушилась из-за обрыва поддерживавших ее тросов-вантов, вызванного коррозией металла и внеплановой перестройкой здания.

В 2013 году в Бангладеш произошло обрушение 8-этажного торгового центра Рана-Плаза. В результате обрушения погибло 1129 человек и более 2500 получили ранения. В соответствии с проектом, здание должно было иметь только 5 этажей и предназначаться исключительно для ведения коммерческой деятельности.

Как показало расследование, строительство осуществлялось с грубыми нарушениями. В основании фундаментов находилось подземное озеро, никаких мер по защите строительных конструкций выполнено не было. В процессе эксплуатации здания были незаконно

достроены еще 3 этажа, которые стали использоваться в качестве промышленных цехов швейных фабрик. На кровле были установлены мощные и тяжелые дизель-генераторы для обеспечения бесперебойной работы оборудования. Помимо увеличения веса, строительные конструкции здания подвергались воздействию незапланированных динамических нагрузок.

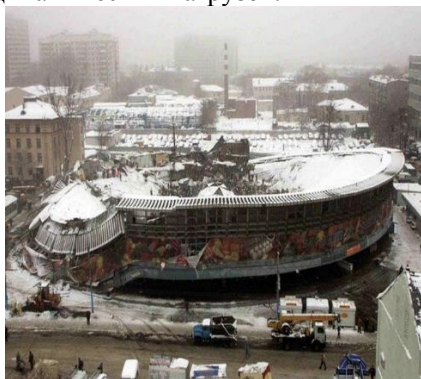


Рис. 3. Басманный рынок.



Рис.4. Торговый центр Рана-Плаза

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проанализировав вышеуказанные аварии в зданиях, можно отметить что эти торговые, торгово-промышленные и спортивно-развлекательные центры были построены с нарушением проекта, без проведения качественных инженерно-геологических изысканий. Так же не были спрогнозированы возможные ухудшения прочностных свойств грунтов оснований под фундаментами. Не рассмотрены вопросы возможного возникновения опасных геологических и инженерно-геологических процессов в процессе эксплуатации.

Урбанизированные территории в асейсмических зонах характеризуются сейсмической активностью слабых природных и техногенных землетрясений (3-4 баллов), вызванных интенсивным строительством малоэтажных, среднеэтажных и высотных зданий, а также осваиванием подземного пространства строительством тоннелей для метрополитена и автомобилей. Наряду с этим в пределах плотной городской застройки осваиваются неудобные для строительства территории зон тектонических нарушений - бывших свалок, оврагов, мелких речных долин, засыпанных отвалами отходов при проходке тоннелей и строительным мусором. Увеличение автомобилей и транспортных потоков в городе, количества разного вида механизмов и оборудования внутри зданий и снаружи вызывают вибрацию [6] сопоставимую по интенсивности со слабыми землетрясениями и

добротностью колебаний планетарной пульсации, которая может быть усилена при прохождении слабо прочных техногенных грунтов и возможного проявления резонанса с колебаниями самого здания или его конструктивных элементов (рис.5).

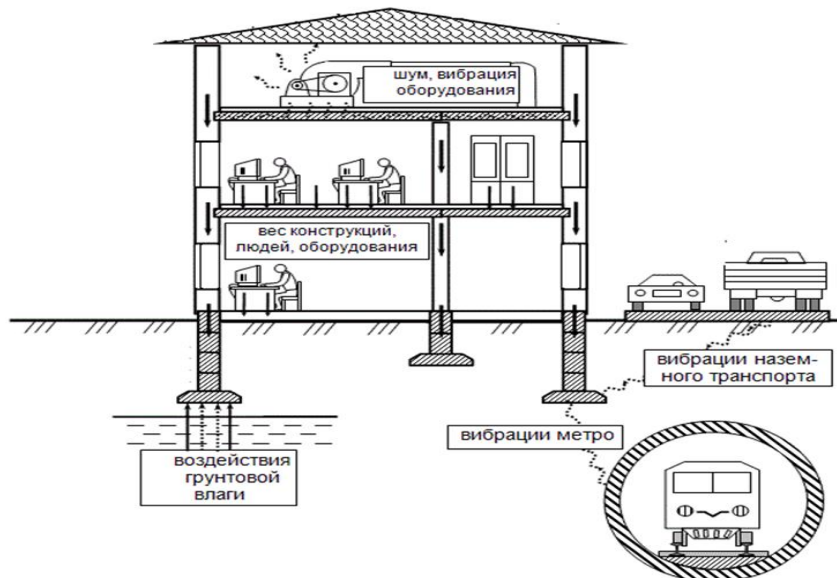


Рис. 5. Виды техногенных воздействий на здание.

Всё это в какой-то момент может вызвать техногенное наведённое локально направленное землетрясение, возможность проявления которого не учитывается при проектировании малоэтажных сооружений массового скопления людей. Авторы данной статьи считают, что именно эти землетрясения и приводят к аварии здания, потому что окружающие его здания разной этажности, но построенные на нормально уплотнённых грунтах без нарушения проекта, с учётом требований нормативных документов и динамических воздействий остаются целыми.

ВЫВОДЫ

Анализ причин обрушения представленных выше зданий показал, что все сооружения были построены с большими ошибками при проектировании и халатным отношением строителей к своей работе. Также мы можем заметить, что поле вибрации, источниками которого являются промышленные агрегаты, строительные машины и механизмы, а также транспортные средства, обуславливает динамическое

(вибрационное) воздействие на окружающую среду и, главным образом, на грунты и здания.

Вибрационные воздействия от различного вида транспорта, механизмов и оборудования могут приводить в критических ситуациях (вхождение в резонанс) к наведенным техногенным землетрясениям. Именно техногенные землетрясения стали одной из причин разрушения зданий массового скопления людей. Все эти динамические воздействия необходимо постоянно изучать и контролировать. Но это темы для дальнейших исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Померанцева И.В., Солодилов Л.Н., Момзинов В.Я., Рудаков В.П.* Геолого-геофизические, геодинамические и человечески факторы, влияющие на безопасность крупных городов и мегаполисов (еще раз о причинах разрушения аквапарка «Трансвааль» 14 февраля 2004 г.). В книге геофизика XXI столетия. 2003-2004. Сб. трудов пятых и шестых геофизических чтений им. К.В. Федынского. М, 2005, изд. МПР РФ, ЦЕНТРГЕОН, ЕАГО, РАЕН.

2. *Sashourin A.D., Panzhin A.A., Kostrukova N.K., Kostrukov O.M.* Field investigation of dynamic displacement in zone of tectonic breaking. //Rock mechanics - a challenge for society: Proceedings of the ISRM regional symposium EUROK 2001. Espoo, Finland 3-7 June 2001/ Balkema 2001. p. 157-162.

3. *Кучуков Э.З., Филькин Н.А., Воронин А.М.* Влияние инженерно-геологических и техногенных процессов на городское строительство и хозяйство // Материалы научно-практической конференции «Инновации в отраслях народного хозяйства как фактор решения социально экономических проблем современности». МГАКХИС, М. 2011 г. С. 59-62.

4. *Кучуков Э. З., Филькин Н. А., Лаухин С. А.* К оценке опасности геологических инженерногеологических и техногенных процессов при проектировании, строительства и эксплуатации инженерных сооружений на урбанизированной территории // Сергеевские чтения. 2016. №18. С.310-314.

5. *Жалнин А.К., Кучуков Э.З.* Мониторинг зданий в зоне влияния Алабяно-Балтийского тоннеля «Инженерные изыскания в строительстве» // Материалы второй общероссийской научно-практической конференции молодых специалистов. М. Издательство «Геомаркетинг». 2018, с 183 – 192.

6. *Жигалин А.Д.* Выбор критериев для оценки техногенного физического воздействия при инженерно-экологических изысканиях // Сергеевские чтения. Том 12: РУДН. Москва, 2010, с. 116 -120.

ОБ ОДНОЙ ИЗ ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ ТРАНСВААЛЬ-ПАРКА В ЯСЕНЕВСКОМ РАЙОНЕ Г. МОСКВЫ

АННОТАЦИЯ

В конце прошлого и в начале нового веков, в России, дальнем и ближнем зарубежье строились большепролётные малоэтажные здания массового скопления людей. Как правило, они располагались в местах со сложными инженерно-геологическими условиями в пределах плотной городской застройки. В процессе эксплуатации эти здания были разрушены, что привело к многочисленным человеческим жертвам. Как показывают проведенные исследования, причиной разрушения зданий является не только не правильная их эксплуатация, но и многочисленные геологические, сейсмические и природные факторы, не учтенные при проектировании и строительстве данных зданий. В данной статье рассмотрены геологические факторы, которые могли стать одной из причин разрушения здания Трансвааль-парка в г. Москве.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в мире участились случаи обрушения торговых, торгово-промышленных и спортивно-развлекательных комплексов. Ярким примером подобных аварий могут являться сложные, пространственно развитые сооружения, построенные на асейсмической территории плотной городской застройки в сложных инженерно-геологических условиях. В России к таким сооружениям можно отнести Басманный рынок, Ледовый дворец в Крылатском (г. Москва), в Южной Корее - торговый центр Сампунг (в г Сеул), в Литве - торговый центр Максима в Золотуде (г. Рига), в Бангладеше торгово-промышленный комплекс Рана Плаза в Сааре (г. Дакка). Как правило, такие обрушения сопровождаются большим количеством пострадавших и погибших людей. Не всегда сразу можно определить причины этих разрушений. В Москве в Ясеневском районе 14 февраля 2004 г. произошло внезапное обрушение Трансвааль-парка. Что повлекло за собой не только нарушение целостности конструкций, но и многочисленные человеческие жертвы. До сих пор причины этой катастрофы до конца не исследованы. Маловероятно, что причиной этих событий являются небольшие статические нагрузки. Скорее всего, такие сооружения находятся в области критической устойчивости, обусловленной

действием многих различных динамических воздействий, как природных, так и техногенных.

Данная проблема является очень актуальной, так как строительство таких зданий продолжается и во избежание новых катастроф, необходимо подробно изучить причины обрушения здания Трансвааль-парка в г. Москве (рис.1).



Рис.1. Обрушение Трансвааль-парка

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Трансвааль-парк был построен по проекту "Сергей Киселёв и партнёры" в 2002. Форма здания напоминала хвост кита. Главным инженером выступил Нодар Канчели. Комплекс площадью 20200 м был способен вместить около 2000 чел. Первый этаж аквапарка занимал большой ресторан, боулинг с 12 дорожками, бильярдная, кафе, инженерное оборудование и помещения администрации. На втором этаже располагалось кафе быстрого питания на 100 мест, камера хранения, главный вестибюль с гардеробной. Третий этаж заняли салон красоты и тренажёрный зал. Сам аквапарк представлял собой макет южного моря, окружённого скалами и морской растительностью

По одной из версий, основной причиной возникшей аварии [1,2] оказалось, (как показал расчет, выполненный в «Еврософте») превышение расчетного напряжения в одной из колонн. Фактическое напряжение составило 2591 кг/см², а расчетное - 2100 кг/см², в результате этого металл в зоне пластических деформаций потек, при этом стало изменяться сечение трубы, и колонна сломалась. Вслед за ней обрушился

контур и оболочка. Время обрушения составило 30-40 секунд. Время обрушения первой части оболочки 4-5 сек. В результате этой аварии погибло 28 человек, помимо погибших пострадало еще 110 человек.

По другой версии, еще до потери устойчивости колонны, стал ломаться витраж остекления, стоящий с наружной стороны от колонны. Треснуло стекло (начальная фаза), в трещину устремился внутренний воздух. Перепад температур снаружи и внутри от минус 20 до плюс 30°C, как следствие этого значительная разность давления внутри помещения в зоне плавательного бассейна создало дополнительные условия для возникновения аварии. Данные версии подтверждают то, что Трансвааль-парк обрушился по причине грубых проектных ошибок, которые были допущены при разработке и расчётах проекта. Возведённое здание не соответствовало нормативным требованиям по надёжности и безопасности для массового скопления людей. Причиной неверных проектных решений могли стать неправильно выполненные инженерно-геологические изыскание на стадии проектирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В геоморфологическом отношении территория, где был построен Трансвааль-парк, расположена на Теплостанской возвышенности с сильно рассечённой овражно-балочной сетью. Непосредственно участок строительства находился в пределах глубокой эрозионной ложбины, частично засыпанной отвалами грунта при строительстве жилого района "Ясенево" более 20 лет назад. Согласно проведенному геологическому обследованию, насыпные грунты состояли из перелопаченных глин и суглинков с включением 10-15% строительного мусора. Мощность слоя - 10,0-11,5 м. До глубины 4,0-5,0 м насыпные грунты - не слежавшиеся, не нормируются; ниже - слежавшиеся: $\rho^н=2,02 \text{ т/м}^3$, $R_0=150 \text{ кПа}$, $E = 14 \text{ МПа}$. Почвенно-растительный слой был мощностью 0,2-0,3 м, отметки подошвы - 192,57 - 194,95м.

Также имела место "Верховодка", слабоагрессивная к бетону марки W4, которая была вскрыта некоторыми скважинами на глубинах 1,0-4,5 м в прослоях песка и скоплениях щебня в насыпных глинах и суглинках.

Фундамент представлял собой монолитную железобетонную плиту толщиной 1000 мм, бетон класса B25, по водонепроницаемости марки W4. Проектная отметка дна котлована с учётом гидроизоляции и подготовительных слоев под фундаментную плиту была принята 195,20 м. Оставшийся насыпной грунт и вскрытый под ним почвенный слой (до делювиальных глин 2 флювиогляциальных суглинков) необходимо было заменить уплотнённым песком. По расчётам давление под

подошвой фундаментной плиты от расчетных нагрузок должно было составлять 1,0-1,2 кгс/см².

В проекте были предусмотрены следующие параметры:

- отметка пола первого этажа 0,000, что соответствовало абсолютной отметке 205,00 м;
- толщина фундаментной плиты - 1000 мм;
- в основании фундаментной плиты - уплотнённая песчаная засыпка толщиной 0,25-2,63 м, замещающая насыпные грунты и погребённый почвенно-растительный слой до делювиальных глин и флювиогляциальных суглинков;

В процессе строительства в исполнительной документации было зафиксировано:

- отметка пола первого этажа 0,000, что соответствовало абсолютной отметке 207,20 м;
- толщина фундаментной плиты - 500 и 750 мм;
- грунты основания - слежавшаяся насыпь, сложенная суглинками и глинами с включениями строительного мусора, мощностью 3,15-4,1 м, погребённый почвенно-растительный слой мощностью 0,2-0,3 м.

По контрольным измерениям от 19-20.02.04 отклонения стены цокольной части здания в плане составило в некоторых местах 4 см, относительно съёмки от 10.12.01 г.

При визуальном обследовании конструкций подземной части здания были выявлены, незначительные проявления неравномерной осадки фундаментной плиты. К ним относятся выявленные в железобетонных стенах и облицовке фасадов наклонные и вертикальные трещины.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенный анализ показал, что неправильная оценка геологических условий, привела к неверным проектным решениям [3,4]. Строительство парка предусматривалось на техногенных грунтах. Техногенные грунты, как правило, имеют не постоянные, трудно прогнозируемые характеристики. По мнению авторов данной статьи, следует избегать строительства на данных видах грунтов, без предварительного упрочнения и приведения характеристик этих грунтов к необходимым. Это возможно, например, при использовании технологий струйной цементации. Так же наличие «верховодки» могло способствовать подтоплению оснований здания, что в совокупности с «плохими грунтами» способствовало появлению сверхнормативных деформаций, которые были зафиксированы в процессе обследования здания. При этом уменьшение размера фундаментной также повлияло на устойчивость конструкций.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Конструкции аквапарка были запроектированы с серьезными ошибками.

2. Заложенные проектные решения не были до конца реализованы, в частности фундаментная плита была уменьшена в процессе строительства

3. Неправильная оценка геологических условий привела к неверным проектным решениям.

Несвоевременное или не в полном объеме выполнение изысканий приводит к аварийным ситуациям, ликвидация последствий которых значительно увеличивает сроки и стоимость строительства. В зависимости от конкретной природной обстановки и типа инженерных сооружений каждый из перечисленных факторов может иметь различное значение. Однако, на первое место вынесено геологическое строение местности, т.к. от его характера зависят особенности рельефа, формирование подземных вод, возникновение эндогенных, экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов.

Помимо вышеперечисленных причин, повлекших разрушения здания, могли быть и другие. Что лишний раз подтверждает, что подобные аварии должны тщательно изучаться, для предотвращения их повторения в будущем. Но это уже тема для следующих исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Сидоренко А.И.* Аспекты исследований аварии «Трансвааль-парка» «Издательство "LAP Lambert Academic Publishing" .2012 с. 84.

2. *Померанцева И.В., Солодилов Л.Н., Момзиков В.Я., Рудаков В.П.* Геолого-геофизические, геодинамические и человечески факторы, влияющие на безопасность крупных городов и мегаполисов (еще раз о причинах разрушения аквапарка «Трансвааль» 14 февраля 2004 г.) В книге геофизика XXI столетия. 2003-2004. Сб. трудов пятых и шестых геофизических чтений им. К.В. Федынского. М, 2005, изд МПР РФ, ЦЕНТРГЕОН, ЕАГО, РАЕН.

3. *Леденев В.В.* Аварии в строительстве Т.1. Причины аварий зданий и сооружений. Тамбов. 2014, С. 209.

4. *Кучуков Э.З., Зоммер Т.В., Филькин Н.А.* О необходимости введения мониторинга инженерно-геологических изысканий в строительстве в целях предотвращения разрушения сооружений // Научное обозрение. М., 2016. № 7. С. 20 – 23.

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ И НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕСПУБЛИКИ ЧУВАШИИ

АННОТАЦИЯ

Публикация посвящена вопросам экологии Чувашской Республики, а также рассматривает ее природные ресурсы. Целью работы является проведение анализа экологических проблем республики, исследование возможностей рационального использования природных ресурсов и поиск путей решения сложившихся проблем.

Обработав информацию по экологическим проблемам Чувашской Республики авторами были найдены три главные проблемы: ненадлежащее состояние очистных сооружений, нахождение на территории множества бесхозных скважин, которые предлагается оформить в муниципальную собственность, несанкционированное размещение коммунальных отходов. По каждой из этих проблем ведутся работы, но прогресс пока довольно слабый.

Регион сейчас находится не в лучшем состоянии, хотя имеет выгодное географическое положение и обладает значительными природными ресурсами. Ценность работы в том, что в ней есть описания важных проблем и некоторые способы их решения.

ВВЕДЕНИЕ

Охрана окружающей среды – «экология» – наука о среде обитания человека, животных и растений, о закономерностях животной природы во взаимодействии с человеческой деятельностью. Тема о состоянии окружающей среды всегда очень актуальна и важна. К природным проблемам относят вырубку лесов, загрязнение почвы, водных источников, воздуха, отходы и другие. Все это имеет всеобщее значение для всех людей. Эти проблемы связаны друг с другом, их может решить только человек.

В исследовательской работе будут рассмотрены некоторые экологические проблемы и природные ресурсы Чувашской республики. Почему же их надо изучать? Думается потому, что, например, благодаря знаниям природных ресурсов края можно рационально их для блага общества. Так, например, деревья вырубать не в малых лесах, а в больших, чтобы нанести меньший вред для местности. Также, если известны месторождения ценных полезных ископаемых, стремиться рационально их использовать, а не закупать в соседних регионах. Знать надо и вымирающие виды растений и животных, чтобы своевременно

поместить их в безопасные места проживания: заповедники, национальные парки, зоопарки и т.п. Скажем, пресная вода необходима для всех сфер жизнедеятельности человека, поэтому регион нуждается в изучении ее источников. Нужно отметить, что природные ресурсы напрямую связаны с экологией региона. К примеру, уничтожение лесов имеет катастрофические последствия: сокращается поступление кислорода в атмосферу, усиливается парниковый эффект, меняется климат. Рациональное использование водных ресурсов, в особенности пресноводных — одна из острых глобальных проблем мирового хозяйства. **Запасы же пресных вод составляют 0,6% от всего объема вод. Четвертая часть человечества ощущает ее недостаток.** В связи со всем вышеперечисленным, знать природные ресурсы необходимо, чтобы регион развивался как самостоятельная единица и имел будущее.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Чувашская Республика расположена на востоке Восточно-Европейской равнины, преимущественно на правобережье Волги, между её притоками Сурой и Свиягой. Чувашия находится в зоне с умеренно континентальным климатом и входит в лесостепную и лесную природные зоны. Территория — 18,3 тыс. кв. км. В Чувашской Республике насчитывается 21 административный район, 9 городов, 7 поселков городского типа, 1723 сельских населенных пунктов. Столица республики - город Чебоксары с населением около 500 тысяч человек.

Несмотря на то, что Чувашия лежит на равнине, рельеф её сложный и разнообразный. Здесь можно встретить возвышенные участки и понижения, глубокие овраги, дюнные всхолмления, заболоченные низины. Территория Республики делится Волгой на две части: правобережную; левобережную. На правом берегу расположилась Приволжская возвышенность и Чувашское плато, изрезанное оврагами и балками. Левый берег или Заволжье представляет собой низменную равнину с болотами и торфяниками. Здесь образовались террасы с бугристыми песками. Они представляют собой дюны, покрытые лесом. В республике встречается полоса песчаных низин, которая проходит от западной границы России до Урала. Рядом с Чувашией лежат также пути перемещения западных циклонов, вызывающих усиленное выпадение осадков.

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРЫ

Геологические особенности территории Чувашии привели к образованию в ее недрах залежей полезных ископаемых осадочного происхождения. Самым распространенным горючим полезным ископаемым Чувашии является торф, запасы которого имеются во всех районах республики. Они содержатся либо в болотах, либо в древних долинах малых рек. Имеются запасы Буинского месторождения горючих

сланцев. Горючие сланцы при дефиците энергоносителей вполне могут быть использованы для производства электроэнергии, а зола - в строительстве. Крупнейшие запасы гипса и ангидрида обнаружены в Поречском районе Чувашии. Водные ресурсы представлены подземными водами и реками. Главной рекой является Волга с большими и малыми притоками. Общая протяженность рек 8650 км. Реки Республики содержат значительные энергетические ресурсы. В связи со строительством ГЭС и созданием водохранилищ уровень воды в реке стал почти неизменным. Промышленное, коммунальное водоснабжение и условия судоходства улучшились, изменился климат береговой зоны, Чебоксарская ГЭС дает половину электрической энергии, производимой в Республике.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И НЕКОТОРЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Состояние очистных сооружений в Чувашской Республике.

Источники питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населения, водоохранные зоны.

В Чувашской Республике насчитывается 216 очистных сооружений, из них биологической очистки 126 (действующих 84). Степень очистки очистных сооружений не удовлетворяет нормативным требованиям, что обуславливает большой объем сточных вод, требующих очистки. Очистные сооружений создавались по проектам, основанным на старых требованиях к качеству очистки сточных вод, менее жестких, чем современные. К тому же многие очистные сооружения в значительной мере физически устарели, изношены и требуют модернизации.

В целях снижения негативного воздействия на водные объекты в республике в рамках Республиканской целевой программы «Обеспечение населения Чувашской Республики качественной питьевой водой на 2009 - 2020 годы» ведется реконструкция и строительство очистных сооружений сточных вод.

На территории Чувашской Республики источниками питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населения являются Чебоксарское водохранилище, реки Малый Цивиль и Сура.

Министерством природных ресурсов и экологии Чувашской Республики в 2007 году была проделана работа по определению границ водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы реки М. Цивиль. В рамках проделанной работы проведена оценка современного состояния водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы реки М. Цивиль, выявлены и нанесены на карту хозяйственные и иные объекты, находящиеся в водоохранной зоне и прибрежной защитной полосе водного объекта, влияющие на его состояние, разработаны мероприятия

по обустройству водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы; нанесены на планово-картографические материалы границы водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы водного объекта.

Оформление бесхозных скважин в муниципальную собственность

На территории Чувашской Республики зафиксировано до 449 бесхозных скважин, не имеющих законных собственников. Такая ситуация сложилась из-за нарушения порядка ликвидации юридических лиц – бывших колхозов и совхозов, которым ранее принадлежали эти объекты (при их ликвидации судьба объектов осталась нерешенной: в собственность республики, муниципальных образований не оформлялись; в порядке правопреемства вновь созданным юридическим лицам не передавались). Наличие большого количества бесхозных скважин на воду грозит ухудшением качества и загрязнением подземных вод.

Минприроды Чувашии было предложено администрациям муниципальных образований в рамках муниципальных программ по реализации республиканской целевой программы «Обеспечение населения Чувашской Республики качественной питьевой водой на 2009-2020 годы» включить в планы мероприятий, направленных на улучшение качества питьевой воды и обеспечение доступности чистой питьевой воды, оформление бесхозных скважин в муниципальную собственность.

Необходимо отметить, в числе бесхозных скважин есть как действующие, так и бездействующие скважины. Для решения этой задачи Минприроды Чувашии тесно сотрудничает с Чебоксарской межрайонной природоохранной прокуратурой, обладающей правом обращения в суд с заявлением о понуждении местных администраций обратиться в регистрационные органы о постановке на учет бесхозного недвижимого имущества (ст. ст. 45, 254 ГПК РФ).

Организация объектов размещения отходов в республике

Остаётся неблагоприятной обстановка с объектами размещения отходов: вместимость существующих свалок бытовых отходов в основном исчерпана; количество объектов размещения отходов, соответствующих современным требованиям законодательства, недостаточно. Размещение отходов на не обустроенных в соответствии с природоохранными требованиями свалках, а также на стихийных несанкционированных свалках оказывает отрицательное влияние на окружающую среду и усугубляет экологическую обстановку в республике.

В настоящее время в республике имеется только 5 полигонов ТКО. Существующие свалки не соответствуют установленным требованиям и

подлежат закрытию и рекультивации. Для этого необходимо создание новых объектов размещения отходов.

В действующей Программе предусмотрены мероприятия по строительству полигонов ТКО в муниципальных образованиях. В связи с отнесением полномочий по организации утилизации и переработки отходов к полномочиям органов местного самоуправления муниципальных районов и городских округов, финансирование указанных мероприятий предусмотрено из местных бюджетов. За 2006-2008 годы освоено всего 15,69 млн. рублей на работы по организации полигонов ТКО: по выбору участков, их отводу под проектирование и строительство, разработано три проекта строительства полигонов ТКО. Из-за недостатка финансовых средств в местных бюджетах и, учитывая высокую стоимость (порядка 100 млн. рублей), строительство полигонов ТКО вообще не начиналось (только планируется начало строительства полигона ТКО в Моргаушском районе).

Проектирование полигонов в районах ведется медленными темпами по двум причинам: в связи с низкой активностью органов местного самоуправления при выборе земельных участков, проведении процедуры отвода этих участков под проектирование и строительство в соответствии с действующим законодательством, а также в связи с отсутствием финансирования проектных работ.

ВЫВОДЫ

Чувашская республика расположена в благоприятной климатической зоне, обладает богатыми природными ресурсами. Однако есть некоторые экологические проблемы, борьбу с которыми нужно начинать уже сегодня. Самые наболевшие из них: организация объектов размещения отходов в республике, ликвидация безхозных скважин, реконструкция и строительство современных очистных сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. https://spravochnick.ru/geografiya/prirodnye_osobennosti_i_resursy_rossii/prirodnye_osobennosti_i_resursy_respubliki_chuvashiya/ - Природные особенности и ресурсы Республики Чувашия.
2. <https://vikidalka.ru/3-69047.html> - Полезные ископаемые Чувашии.
3. <https://studfiles.net/preview/6490535/> - Экология Чувашии.
4. *Карягин Ф. А.* «Окружающая среда и природные ресурсы Чувашской Республики.
5. *Карягин Ф. А.* «Изменения местного климата: причины и эколого-социально-экономические последствия».

ФАКТОРЫ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ НА КАЧЕСТВО ВОДЫ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

АННОТАЦИЯ

Влияние антропогенных и техногенных факторов, на экологические системы является важной и актуальной темой. Статья посвящена изучению различных факторов, влияющих на качество поверхностных и подземных вод в Рязанской области, используемых для водоснабжения. Как отмечается в статье, загрязнение водной среды является одним из самых опасных, еще и потому, что загрязняющие вещества могут поступать не только в сопредельные среды, такие как в почву, донные отложения, но и непосредственно в живые организмы.

ВВЕДЕНИЕ

Россия – одна из самых богатых, природными ресурсами, и одна из самых загрязненных, в экологическом отношении стран, на Земле.

Антропогенные воздействия на водные объекты приводят к их загрязнению и истощению, что ухудшает среду обитания водных организмов. Загрязняющие вещества в ней могут депонировать, мигрировать в другие среды и повторно загрязнять водный объект. Объемы пресной воды с каждым годом становятся все меньше. На данный момент в России объем запаса пресной воды составляет 23600 км³, и эта цифра с каждым годом становится все меньше.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Влияние антропогенных и техногенных факторов, на экологические системы является важной и актуальной темой, которой посвящено работы многих авторов [1;2;3]. Так, например, в статье [1], рассматривается проблема протекания русловых процессов и общее экологическое состояние водных объектов определяют речная гидравлика и свойства русловых отложений, которые в последние десятилетия подвержены сильному влиянию антропогенной нагрузки. Установление взаимосвязи состояния водного объекта, качества воды в нем и уровня загрязненности донных отложений. В другой статье [2], авторы рассмотрели проблему влияния антропогенной нагрузки на речную гидравлику и свойства русловых отложений, которые определяют ход русловых процессов и общее экологическое состояние водных объектов. Установили взаимосвязь состояния водного объекта, качество воды в нем и уровня загрязненности донных отложений. Также

предложили методику оценки антропогенной нагрузки загрязняющими веществами на реки урбанизированных территорий. Эта же проблема рассмотрена в [3]. В данной статье делается обзор состояния водных объектов и факторов негативного влияния на качество воды на примере Рязанской области.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экологические проблемы Рязани и Рязанской области обусловлены двумя группами факторов – естественного и антропогенного происхождения. К естественным факторам возможно причислить ветровой режим, механический состав почв, особенности баланса тепла и влаги и др. 2-ая группа факторов обуславливается отличительными чертами использования территории, и зависит от влияния хозяйственной деятельности человека. К ним принадлежат последствия промышленного, сельскохозяйственного и рекреационного освоения (рис. 1). Демографическая обстановка в районе увеличивает влиянием вышеуказанных условий.

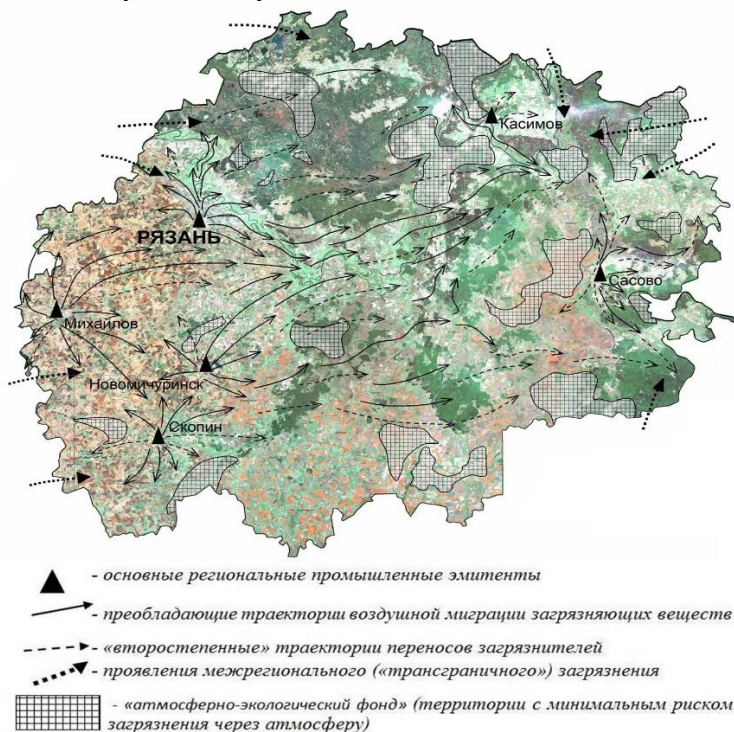


Рис. 1. Направления переноса загрязняющих веществ от основных промышленных эмитентов.

Одна из основных трудностей Рязанской области, это низкое качество питьевой воды. Резервы водных ресурсов области достаточны для удовлетворения нужд в воде. Главный фактор загрязнения водоисточников – это сброс загрязняющих элементов с промышленными и бытовыми сточными водами. Помимо этого, на качество вод оказывают большое влияние физико-географические условия местности, основные из которых - заболоченность и закарстованность. Последняя считается фактором повышенного содержания в водах сульфат-иона, меди, железа и гумусовых веществ, и нарушения кислотного режима.

Среднегодовой объем сбрасываемых сточных вод в поверхностные водные объекты области составляет около 200 млн. м³. Невзирая на сокращение промышленного и аграрного производства, свойственного для настоящего времени, снижения загрязнения водоемов не происходит из-за неидеальной технологии производства и некачественной очистки воды. Приблизительно 15% сточных вод считаются загрязненными.

К наиболее крупным предприятиям, являющимся источниками поступления неочищенных сточных вод, относятся МУП ПО «Водоканал», управление по благоустройству г. Рязани, Скопинский автоагрегатный завод, АО «Виско-Р», ОАО «Рязанская ГРЭС», РЗАА АМО ЗИЛ, Рыбновское и Скопинское Муниципальное предприятие «ЖКХ».

Объемы сточных вод, сбрасываемых в водоемы, в различных районах области неодинаково. Основными загрязнителями вод считаются Рязань, Касимов, Скопин, Сасово, а также Рязанский, Шиловский и Кораблинский районы. Еще одним источником загрязнения вод считается аграрное производство. На качество вод области влияет и плохое канализационное обеспечение населенных пунктов. Некоторые районные центры не оборудованы очистными сооружениями или имеют устаревшие, непродуктивные, поэтому большая часть пунктов сбрасывает недостаточно очищенные воды или осуществляет сброс без очистки.

Четвертая часть территории области подвергается активной техногенной нагрузке, по этой причине эколого-гидрологическая обстановка данной территории схожа с опасной. поэтому не исключена вероятность загрязнения грунтовых вод, а на территории, где отсутствуют региональные водоупоры, и межпластовых вод.

Неудовлетворительное положение водоснабжения населения от всех типов водоисточников является причиной загрязнения питьевой воды и представляет постоянную угрозу появления и распространения кишечных инфекций, гепатита «А», энтеробактериальной дизентерии.

Для водоснабжения используются и подземные и поверхностные воды. Основные показатели водопользования в 2017 г. приведены в табл. 1.

Табл. 1. Водозабор и сброс сточных вод (млн м³) в Рязанской области, 2017.

Забрано			Сброшено в водные объекты					Нормативно чистых	Нормативно-очищенных	% загрязненных в общем сбросе	% нормативно-очищенных в общем сбросе
Всего	Из поверхностных источников	Из подземных источников	Всего	загрязненных							
				Всего	Без очистки						
					В % к объему загрязненных						
215,9	115	100,9	155,1	18	1,32	7	48,6	88,5	2	7	

Сброс загрязненных сточных вод в последние годы заметно растет (табл.2).

Табл. 2. Динамика сброса загрязненных сточных вод в Рязанской области (млн. м³)

2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
14,7	13,7	17,8	18,0

Воды самой крупной реки области – Оки, – в отдельных створах – «очень загрязненные», в целом река «грязная» (в большей части обуславливается низким качеством воды, прибывающим из Московской области). Близкая степень загрязнения воды от «загрязненной» до «грязной» характерна для её притоков.

Это обуславливается как неудовлетворительной работой очистных сооружений, так и состоянием канализации. В 11 городах и рабочих поселках области отсутствуют очистные сооружения канализации. Из 131 «малых» (в небольших городах и поселках) очистных сооружений 99 выведены из эксплуатации или требуют ремонта и реконструкции, 14 – фактически не работают; в рабочем состоянии находятся только 18 (14%). По числу неработающих очистных сооружений «держат первенство» Захаровский, Шацкий и Скопинский районы.

Большинство сельских населенных пунктов области не имеют канализации. Частично обеспечиваются централизованной системой сбора, отведения и очищения канализационных стоков только лишь районные центры.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Существенное влияние на качество воды Оки оказывают сточные воды Рязани. В 2017 г. МП «Водоканал города Рязани» с Окской очистной водопроводной станции сбрасывал более млн м³ в год неочищенных производственных стоков в Дядьковский затон в непосредственной близости от водозабора (в 2016 г. со сточными водами в Дядьковский затон было сброшено около 4 т соединений алюминия, около 2 т – железа, 285 т взвешенных веществ). В 2017 г. в фоновом створе выше Рязани характерными загрязняющими веществами (с превышением предельно-допустимых концентраций) являлись азот аммонийный (до 1,5 ПДК), медь (до 2,2 ПДК), органические вещества (до 1,4 ПДК). Ниже Рязани ПК по азоту возрастали до 8,1, меди – 2,9. Кроме того, отмечалось загрязнение фосфатами (до 2 ПДК).

Гигиенические нормативы по санитарно-химическим показателям в 2017 г. были близки среднероссийским для поверхностных водоемов I категории (использующихся для водоснабжения): 21,3% некачественных проб по области и 21,9% - по РФ. Однако загрязнение по паразитобытологическим показателям было многократно превышено (5,75% неудовлетворительных проб по области и 1,2% - по РФ).

В 2017 г. в области эксплуатировалось 2463 источника централизованного водоснабжения (в том числе 3 поверхностных в Рязани) и 1373 хозяйственно-питьевых водозаборов, а также 2203 источника нецентрализованного водоснабжения.

Вместе с тем Ока является основным источником питьевого водоснабжения Рязани. Из нее в 2017 г. осуществлялось 63% хозяйственно-питьевого водоснабжения города (37% - подземные воды). Удельный вес нестандартных проб воды из поверхностных источников централизованного водоснабжения приведен в табл. 3 и 4.

Табл. 3. Доля проб (%) воды из источников централизованного водоснабжения Рязанской области, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, 2014-2017 гг.

Год	2014	2015	2016	2017
Подземные	26,2	20,3	20,6	25,1
Поверхностные	29,3	46,3	23,0	6,3

Табл. 4. Доля проб (%) воды из источников централизованного водоснабжения Рязанской области, не соответствующих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям, 2014-2017 гг.

Источники	Рязанская область				РФ			
	2014г.	2015г.	2016г.	2017г.	2014г.	2015г.	2016г.	2017г.
Подземные	4,8	3,3	1,9	1,6	5,6	5,0	4,4	н/д*
Поверхностные	20,6	25,2	25,8	37,8	20,0	18,4	17,6	н/д*
Подземные + поверхностные	11,6	11,3	12,3	17,3	7,3	6,7	6,0	5,6

*н/д – нет данных

Как видно из табл. 4, микробиологическое загрязнение поверхностны источников в области существенно превышает среднероссийские показатели и значительно возросло с 2014 по 2017 г.

Подземные воды являются основным источником питьевого водоснабжения на территории области (за исключением Рязани). Из 1272 проб этих вод превышение ПДК отмечены в 2017 г по содержанию фторидов (32,9%) и железа (17,4%). 100% нестандартных проб по фторидам обнаружено в Ермишевском, Путянинском, Шацком районах; от 61,0 до 87,5% - в Клепиковском, Рыбновском, Рязанском, Спасском и Шиловском районах [5]. 100% нестандартных проб по железу с превышением до 5 ПДК обнаружено в Захаровском и Скопинском районах, от 45,5 до 65% - в Кораблинском, Рыбновском, Рязанском, Скопинском районах. Устойчивый очаг загрязнения подземных вод находится в зоне влияния хранилища завода «Скопинцветмед».

Качество питьевой воды из водопроводной сети по санитарно-химическим показателям в среднем по области лучше среднероссийского, однако, обращает на себя внимание рост числа нестандартных проб почти в 1,5 раза м 2014 по 2017 г. и превышение по микробиологическим показателям среднероссийского уровня в 2014-2017 гг. (табл.5).

Табл. 5. Доля проб (%) воды из водопроводных сетей Рязанской области, не отвечающих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим и микробиологическим показателям, 2014-2017 гг.

	Санитарно-химические показатели				Микробиологические показатели			
	2014г.	2015г.	2016г.	2017г.	2014г.	2015г.	2016г.	2017г.
Рязанская область	8,8	8,5	11,5	12,2	5,5	6,9	6,5	5,3
РФ	17,2	17,5	16,9	16,8	6,4	5,8	5,3	5,1

Высокие показатели загрязнения связаны с некачественной очисткой и обеззараживанием воды на водопроводных станциях и огромной изношенностью разводящей сети, более 60% которой требуют замены. Каждый год по области фиксируются около 2000 аварий коммунальных и ведомственных водопроводов.

Низким качеством питьевой воды различаются источники нецентрализованного водоснабжения, коими пользуются около 50 тыс. населения. Доля нестандартных проб в источниках нецентрализованного водоснабжения в области в 2017 г. составила 41,5% по санитарно-химическим показателям и 36,4% - по микробиологическим, что существенно выше соответствующих среднероссийских показателей (25,4% и 21,5%).

ВЫВОДЫ

Приведенные выше данные демонстрируют, то что состояние водной экосистемы в Рязанской области – неблагоприятное, и значительно отображается на состоянии здоровья населения.

Для устранения проблем качества воды на уровне области необходимо:

- Уменьшить загрязнение поверхностных вод (повысить число и усилить результативность работы очистных сооружений), обеспечить 100% канализацию всех поселков;
- Обеспечить нормативное качество всей питьевой воды (увеличить результативность водоподготовки на водозаборах подземных вод, в т.ч. обесфторивание и обезжелезивание), модернизировать разводящую сеть;
- Обеспечить защищенность гидротехнических сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Экологическая безопасность, использование и охрана водных объектов на урбанизированных территориях. // Теличенко В.И., Курочкина В.А., Киров Б.Л. // Экология урбанизированных территорий. 2016. № 3. С. 32-39.
2. Оценка влияния антропогенной нагрузки на качество воды и уровень загрязненности речного русла. // Теличенко В.И., Курочкина В.А. // Вода Magazine. 2017. № 6 (118). С. 48-51.
3. Антропогенная нагрузка на реки урбанизированных территорий // Курочкина В.А., Богомолова Т.Г., Киров Б.Л. // Вестник МГСУ. 2016. № 8. С. 100-109.
4. Рязанский портал <http://www.rznp.ru>.

5. Комплексный экологический мониторинг состояния среды по традиционным и эпидемиологическим показателям на примере Рязанской области. <http://www.rosпотребнадзор.ru/>.

6. Фракция «Зеленая Россия» Рязанская область Серия: Региональная экологическая политика. Лялин Юрий Серафимович (ВНИИ гидротехники и мелиорации РАСХН).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЩЕЛЕВЫХ ФУНДАМЕНТОВ

АННОТАЦИЯ

Целью работы является сравнительный анализ результатов расчета несущей способности по грунту щелевых и свайных фундаментов. Предметом исследования являлась несущая способность по грунту щелевых и свайных фундаментов. Материалы и методы: описательный, анализ, математический. Выполнен сравнительный анализ расчета несущей способности по грунту щелевых и свайных фундаментов, выявлена разница полученных значений несущей способности по грунту щелевых и свайных фундаментов. Результаты сравнения несущей способности по грунту щелевых и свайных фундаментов показали, что несущая способность по грунту щелевого фундамента превышает 10 раз несущую способность по грунту свайного фундамента при расчете в глинистых грунтах и превышает 9 раз в песчаных грунтах. Учитывая, что проектирование щелевых фундаментов дешевле и проще, чем свайных, рациональнее всего было бы использовать данный тип фундаментов.

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение облегченных фундаментов является одним из перспективных вариантов существенно уменьшить материалоемкости строительного процесса. Одной из разновидностей таких фундаментов являются щелевые. Однако данный вариант недостаточно распространен в употреблении [1].

Щелевые фундаменты прошли многолетние успешные испытания в условиях городов Новосибирской области при возведении одно- и двухэтажных жилых зданий, в Экибастузе - при строительстве одно- и двухэтажных коттеджей, в Караганде - при строительстве пяти- и семиэтажного жилого панельного дома. Область применения щелевых фундаментов ограничивается естественными основаниями жилых и общественных зданий в бесподвальном варианте при расположении инженерных коммуникаций в техническом подполье. Наиболее эффективно стало применение щелевого фундамента в прочно-структурных маловлажных глинистых грунтах, однако, данные фундаменты подходят и для территорий с неравномерным залеганием скальных грунтов с интенсивно протекающими процессами выветривания [1].

В связи с тем, что щелевые фундаменты не получили должной известности, их возможные улучшения не были рассмотрены должным образом. Хотя один колоссальный шаг они все же сделали. Способ «стена в грунте» изначально был задуман как метод возведения глубоких стен подземной части сооружения и противодиффузионная завеса, но со временем стал рассматриваться как щелевой фундамент. В данное время «стена в грунте» является одним из надежных и практичных вариантов щелевого фундамента. Основной нерешенной проблемой щелевых фундаментов остается укрепление верхней части траншеи, так как практика показала, что технология возведения воротника способом «стена в грунте» является неэффективной для щелевых фундаментов, а также сильно повышает трудозатраты. Однако Уральский политехнический институт совместно с НИИ оснований предложили и опробовали технологию возведения инвентарного воротника, позволившего существенно упростить возведение щелевого фундамента [2].

Щелевые фундаменты могут подразделяться по способу изготовления, по способу разработки траншеи, по способу размещения, по способу армирования, по количеству щелей фундамента и по форме поперечного сечения щелей (табл. 1) [3, 4, 5].

Табл. 1. Классификация щелевых фундаментов

Классификационный признак	Описание
По способу изготовления	монолитные (возможно с участием пустотообразователей), сборные.
По способу размещения	одиочные, ленточные(сплошные, прерывистые, прерывистые с монолитным железобетонным поясом).
По способу армирования	с опирающимся или встроенным армированным подколонником; с конструкционной арматурой в крестообразных фундаментах; с удлиненной арматурой в теле фундаментов.
По количеству щелей	одиочные, двухщелевые, трехщелевые.
По способу разработки траншеи	прямоугольный, прямоугольный с усеченными краями, параболический.
По форме поперечного сечения	прямоугольное,

	крестообразное, прямоугольное сдвоенное, двутавровое, коробчатое
--	---

При изучении щелевых фундаментов важно отметить их схожесть по характеру работы со свайными фундаментами. Так же стоит отметить, что щелевые фундаменты, как и большинство свайных фундаментов, создают по индивидуальным проектам. При этом состав инженерно-геодезических работ для щелевых фундаментов определяется требованиями, предъявляемыми к свайным фундаментам [5].

Исходя из вышеизложенного, в данной работе будет произведено сравнение щелевых фундаментов со свайными фундаментами.

Основной принцип работы щелевых фундаментов заключается в концентрации напряжений под стенками, что позволяет передавать на основание значительные нагрузки, при условии, что они не превышают прочности грунта, а также за счет работы сил трения вдоль стенок фундамента значительно снижает осадки здания [6].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Исходные данные для расчета:

Здание без подвала. Расчетная нагрузка N на стену протяженностью 3 метра равна 400 кН. Под стеной расположен ростверк с консольной частью $a_k=0,5\text{м}$.

Щелевой фундамент с шириной щели 400 мм протяженностью 3м. (Рис. 1.а.) Набивной свайный фундамент с квадратным сечением 400*400мм. (Рис. 1.б.)

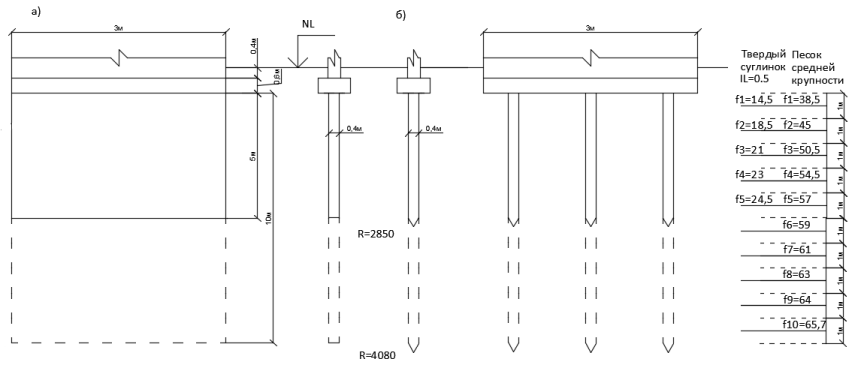


Рис.1. Схема к определению несущей способности фундаментов по грунту: а) щелевой фундамент; б) свайный фундамент.

Этан 1. Фундамент расположение в однородном грунте: в твердом суглинке $I_L=0,5$. Глубина заложение фундаментов 6м.

Для определения несущей способности по грунту F_d воспользуемся формулой одинаково подходящей как для свайных, так и для щелевых фундаментов [7].

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{CR} \cdot R \cdot A + \sum \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i) \quad (1)$$

Расчетное сопротивление R под нижним концом сваи и щелевого фундамента на глубине 6 м. составляет 2850кПа.

Сопротивление грунта f_i по боковой поверхности:

$z_1 = 1,5 - f_1=14,5$; $z_2 = 2,5 - f_2=18,5$; $z_3 = 3,5 - f_3=21$; $z_4 = 4,5 - f_4=23$; $z_5 = 5,5 - f_5=24,5$.

Из полученных значений получаем:

Для щелевого фундамента $F_d = 1 \cdot [2850 \cdot 1,2 + 6,8 \cdot (14,5 \cdot 1 + 18,5 \cdot 1 + 21 \cdot 1 + 23 \cdot 1 + 24,5 \cdot 1)] = 4110,2$ кН.

Для одиночной сваи $F_d = 1 \cdot [2850 \cdot 0,09 + 1,2 \cdot (14,5 \cdot 1 + 18,5 \cdot 1 + 21 \cdot 1 + 23 \cdot 1 + 24,5 \cdot 1)] = 378,3$ кН.

Расчетная нагрузка составит:

Для щелевого фундамента: $R_{щ} = \frac{F_d}{\gamma_k} = \frac{4110}{1,4} = 2936$ кН, для сваи: $R_{cb} = \frac{378,3}{1,4} = 270$ кН,

где γ_k - коэффициент надежности по грунту.

В данном случае $\gamma_k = 1,4$ так как F_d определена расчетом с использованием табличных значений R и f .

Необходимое число свай n на один погонный метр длины ленточного фундамента определяется по формуле: $n = N / R_{св}$,

$$n = \frac{400}{270} = 1,48 \text{ сваи/п.м.}$$

Расстояние между сваями:

$a = \frac{1 \text{ п.м.}}{1,48} = 0,67$ м. В данных условиях использование свай однорядного расположения крайне нерационально. Дальнейшее сравнение не имеет смысла.

Этан 2. Фундамент расположен в однородном грунте: в песке средней крупности. Глубина заложение фундаментов 11 м.

Расчетное сопротивление R под нижним концом сваи и щелевого фундамента на глубине $z = 11$ м составляет $R = 4080$ кПа.

Сопротивление грунта f_i по боковой поверхности:

$z_1 = 1,5 - f_1=38,5$; $z_2 = 2,5 - f_2=45$; $z_3 = 3,5 - f_3=50,5$; $z_4 = 4,5 - f_4=54,5$; $z_5 = 5,5 - f_5=57$; $z_6 = 6,5 - f_6=59$; $z_7 = 7,5 - f_7=61$; $z_8 = 8,5 - f_8=63$; $z_9 = 9,5 - f_9=64$; $z_{10} = 10,5 - f_{10}=65,7$.

Из полученных значений получаем:

Для щелевого фундамента $F_d = 1 \cdot [4080 \cdot 1,2 + 6,8 \cdot 1(38,5 \cdot 1 + 45 \cdot 1 + 50,5 \cdot 1 + 54,5 \cdot 1 + 57 \cdot 1 + 59 \cdot 1 + 61 \cdot 1 + 63 \cdot 1 + 64 \cdot 1 + 65,7 \cdot 1)] = 8691,8$ кН.

Для одиночной сваи $F_d = 1 \cdot [4080 \cdot 0,09 + 1,2 \cdot 1(38,5 \cdot 1 + 45 \cdot 1 + 50,5 \cdot 1 + 54,5 \cdot 1 + 57 \cdot 1 + 59 \cdot 1 + 61 \cdot 1 + 63 \cdot 1 + 64 \cdot 1 + 65,7 \cdot 1)] = 1037$ кН.

Расчетная нагрузка, допускаемая на сваю по грунту, составит:

Для щелевого фундамента: $P_{щ} = \frac{8691,8}{1,4} = 6208$ кН, для сваи:

$$P_{cb} = \frac{1037}{1,4} = 740 \text{ кН}$$

$$n = \frac{400}{740} = 0,54 \text{ сваи/п.м.}$$

Расстояние между сваями:

$$a = \frac{1 \text{ п.м.}}{0,54} = 1,85 \text{ м.}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

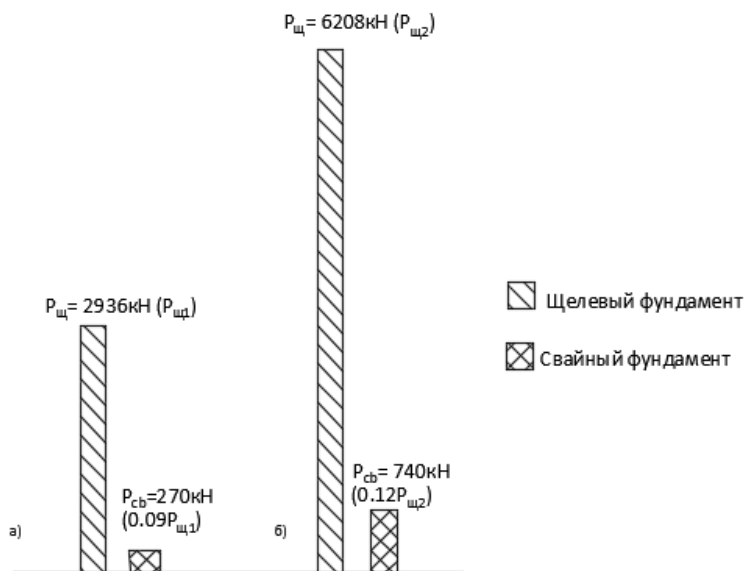


Рис. 2. Графики расчетных нагрузок для щелевых и свайных фундаментов: а) в глинистых грунтах, глубина заложения 6 м; б) в песчаных грунтах, глубина заложения 1 м.

ВЫВОДЫ

1. Несущая способность по грунту щелевого фундамента превышает 10 раз несущую способность по грунту свайного фундамента при расчете в глинистых грунтах.

2. Несущая способность по грунту щелевого фундамента превышает 9 раз несущую способность по грунту свайного фундамента при расчете в песчаных грунтах.

3. Так как протяженность стены не слишком большая, можно предположить, что даже при правильно спроектированном свайном фундаменте, он будет минимум в 2 раза уступать по несущей способности щелевому фундаменту.

4. Учитывая, что проектирование щелевых фундаментов дешевле и проще, чем свайных, рациональнее всего было бы использовать данный тип фундаментов. Однако, эти вопросы остаются нераскрытыми сполна, что требует их дальнейшего развития.

5. Не в каждом инженерно-геологических условиях возможно произвести расчет сопротивления грунта под подошвой и по боковым стенкам, так чтобы наиболее точно определить реальную несущую способность фундамента. Особенно для таких малоизученных фундаментов, как щелевые.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Платонова С. В.* Облегченные фундаменты для малоэтажного жилищного строительства //Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2013. – №. 2 (4).

2. *Платонова С. В.* Напряженное состояние нелинейно деформируемого основания щелевидных ленточных фундаментов при различном их заглублении //Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2007. – №. 11. – С. 4-8.

3. *Павлов В. В.* Щелевые фундаменты //ВВ Павлов. – Красноярск: Стройиздат, 1992.– 139с. – 1992.

4. *Платонова С. В.* Экспериментальное исследование напряженного состояния грунтового основания под подошвой ленточных щелевидных фундаментов //И 33 Инновационное будущее технических наук: сборник. – 2015. – С. 15.

5. *Крутов В. И., Сорочан Е. А., Ковалев В. А.* Фундаменты мелкого заложения. – 2009.

6. *Сорочан Е. А., Ревазивили Р. Г.* Исследование работы щелевых фундаментов //Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1986. – №. 5. – С. 12.

7. Свод правил: СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты.

ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ЯКУТСКА

АННОТАЦИЯ

Автором проведен анализ истории строительства на вечномёрзлых грунтах на примере города Якутска. Дана ретроспектива способов возведения зданий и сооружений на многолетнемёрзлых грунтах и мотивы перехода к современным методам строительства. Рассмотрены принципы строительства на ММГ и приведены выявленные проблемы, возникающие в процессе эксплуатации зданий и сооружений. Главной целью статьи является исследование трудностей возведения и причин возникновения деформаций зданий на вечномёрзлых грунтах. В качестве вывода выявлена необходимость усиления контроля над проведением инженерных изысканий и процессом строительно-монтажных работ для обеспечения безопасности зданий и их нормальной эксплуатации.

ВВЕДЕНИЕ

Город Якутск основан в 1632 году и является столицей Республики Саха (Якутия). Якутск – это крупнейший город площадью более 122 кв. км и численностью населения около 300 тыс. человек, расположенный на вечной мерзлоте, мощность которой достигает здесь 300 метров. Именно поэтому история строительства и исследования вечномёрзлых грунтов в данном регионе представляет собой наибольшую важность. Природно-техногенные условия на значительной части территории Якутии во многом можно считать критическими. Столица Республики уже долгие столетия живёт и развивается в уникальной географической зоне, но массовая застройка с учётом свойств мёрзлых грунтов началась примерно в 30-е годы прошлого века. Повсеместное распространение вечномёрзлых грунтов и колебания температур амплитудой более 100° создают серьезные трудности при возведении зданий и сооружений [15].

История урбанизации криолитозоны на территории г. Якутска

Возникновение первых поселений при освоении северных территорий в литературе датируется концом XVI-XVII веков. В то же время появились первые сведения о наблюдавшихся летом мерзлых породах. В период правления Петра I отдельные путешественники, а также целые экспедиции направляются на север и восток Сибири для исследования и освоения новых земель. Эти события послужили

отправной точкой для первоначального сбора сведений о существовании и распространении многолетнемерзлых пород.

Значительную роль в изучении мерзлых пород сыграла Шергинская шахта, расположенная на территории центра современного Якутска, глубина которой на данный момент достигает 116,6 м (вместе со скважиной — около 140 м). Изначально, целью рытья колодца для Фёдора Шергина в 1828 г. являлось получение чистой воды, но цель оказалась недостижимой в виду залегания мёрзлых грунтов на всю глубину шахты. В начале 40-х годов XIX в. академик Российской академии наук Александр Фёдорович Миддендорф (1815-1894 гг.) измерил температуру мерзлых пород в Шергинской шахте до глубины 116 м. Результаты данных измерений позволили впервые определить температурный градиент в мерзлых породах и мощность их толщи, которая составила 187-204 метра, что очень близко к значениям, полученным в результате современных бурений на этой территории. Также А.Ф. Миддендорфом была установлена зависимость глубины летнего протаивания мерзлых пород от их литологического состава и теплопроводности [3]. Научное донесение Миддендорфа считается первым научным трудом по Мерзлотоведению. В дальнейшем эти измерения послужили основой для построения Генрихом Ивановичем Вильдом (1833-1902 гг.) в 1882 году термической модели, при помощи которой впервые было приблизительно определено положение южной границы криолитозоны России. На сегодняшний день шахта включена в Государственный список недвижимых исторических и культурных памятников Якутска, находящихся под государственной охраной как памятники республиканского значения.

Признанным основоположником мерзлотоведения как науки является профессор Михаил Иванович Сумгин (1873-1942 гг.), по чьей инициативе в 1941 году была создана в Якутске научно-исследовательская мерзлотная станция Института мерзлотоведения им. В. А. Обручева АН СССР (Москва). Впоследствии она была преобразована в северо-восточное отделение московского института (1956 г.), а позже в 1960-1961 гг. на базе этого отделения в Якутске был создан Институт мерзлотоведения Сибирского отделения АН СССР, который целенаправленно ведет научные исследования по изучению естественного состояния вечной мерзлоты и результат техногенного влияния.

Новым этапом изучения многолетней мерзлоты послужило создание в 1950-х годах Якутским институтом мерзлотоведения нескольких геокриологических стационаров, исследования на которых позволили получить обширный объём знаний в сфере мерзлотоведения.

На территории города Якутска большое количество пойменных озер и стариц. Центральная часть Якутска отделена от русла реки Лены широкой равниной, получившей название «Зелёный луг». Якутск – город, который имеет наибольшую годовую амплитуду колебания температур (102,8°C), а также крупнейший город, расположенный в зоне вечной мерзлоты. Климат резко-континентальный, отличающийся антициклональным режимом погоды зимой и частыми вторжениями воздушных масс, ненасыщенных водяных паром, со стороны Северного Ледовитого океана летом. Зима в Якутске суровая, продолжительная и малоснежная, средняя температура января составляет около -40°C . Зима длится с октября по апрель включительно. Лето короткое, на большей части территории засушливое, помимо этого случаются резкие перепады температур, а суточные колебания весьма значительны - ночью прохладно, а днём преобладает тёплая или жаркая погода. В июле дневная температура часто превышает 30°C [2]. Многолетняя мерзлота распространена на всей территории города. Мощность мерзлой толщи достигает 200 – 250 м. Глубина сезонного оттаивания не превышает 1,5 – 3 м. До глубины 10 – 15 м преимущественно залегают пылеватые и мелкие пески и супеси. До глубины 1 – 2 м встречаются в основном супесчано-суглинистые грунты.

Анализ влияния урбанизации на изменения температуры грунтов в г. Якутске на глубине 10 м. был выполнен в Институте мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения РАН. Выявлена четкая зависимость характера распределения температур грунта от возраста застройки. В результате установлено, что наиболее широкие диапазоны их изменения характерны для застроенных территорий более 160 и 70 – 160 лет тому назад – соответственно $-2,5^{\circ}\text{C}$... $-5,7^{\circ}\text{C}$ и $-2,5^{\circ}\text{C}$... $-6,5^{\circ}\text{C}$. На участках города, возраст застройки которых менее 70 лет, температура грунта колеблется в пределах от -1°C до -4°C [12].

Среднегодовые температуры воздуха, количество осадков и их структура претерпели за последние 50 лет существенные изменения в связи с глобальным изменением климата, в частности и на территории г. Якутска. Благодаря результатам анализа температурных данных по Якутску на территории Якутии выделено три периода направленных изменений температуры воздуха за последнее столетие:

- 1-й с 1916 по 1945 гг. – этап потепления;
- 2-й с 1946 по 1975 гг. – этап похолодания;
- 3-й с 1976 г. по настоящее время – этап потепления.

Для центральной Якутии, где и находится г. Якутск, характерны малые скорости ветра, при которых не происходит переноса и уплотнения снега; снежный покров отличается небольшой мощностью,

температура воздуха в зимнее время очень низкая. Поэтому удаление снега или его уплотнение приводит к резкому понижению температуры грунта. Понижению температур способствует также уничтожение растительности и устройство асфальтового покрытия.

Опыт строительства в г. Якутске.

История строительства, в частности фундаментостроения, в данном регионе условно включает три основных периода: дореволюционный, с 1925 по 1941 гг., послевоенный.

До 1632 г. строились в основном балаганы-юрты в форме усеченной пирамиды каркасного типа с наклонными стенками из тонкомерных бревен. Фундаментом и каркасом для балагана служили лиственничные бревна и столбы, заложенные в грунт на глубину до 1 метра. После 1632 г. начали строить рубленые дома и укрепленные башни на фундаментах из бревен, уложенных непосредственно в грунт в виде лежней и ступьев-столбов.

Современным технологичным зданиям предшествовали массивные постройки, возведение которых требовало больших материальных и трудовых затрат. В 1707 г. в Якутске был построен первый в мире кирпичный дом на вечной мерзлоте. Он представлял собой одноэтажное здание воеводской канцелярии [16]. Оно имело массивные стены толщиной от 100 до 120 см. Фундаменты ленточного типа были заглублены в песчаный грунт на 1,4-1,6 м и состояли из бутового камня. Ширина фундамента составляла 125 см. Но в 80-х годах прошлого века историческое здание было разобрано, а в 1990 – снесено.

К 1917 г. в Якутске было возведено более 40 каменных строений. Переняв опыт строительства военной канцелярии, все каменные здания того времени всё ещё возводились на бутовых ленточных фундаментах с глубиной заложения от 1,5 до 2,5 м, и были построены без учета особенностей многолетнемерзлых грунтов основания. Поэтому каждое из этих сооружений в той или иной степени подверглись деформации, некоторые из них не сохранились до нашего времени. Данный фактор заставил строителей задуматься над конструкциями фундаментов и разработкой методов устойчивого строительства капитальных зданий на вечномёрзлых грунтах [1].

Одной из важнейших идей в сфере фундаментостроения на вечномёрзлых грунтах стало применение свайных фундаментов. Данное решение подходит для сооружений с достаточным весом, способным противостоять пучению грунта [4].

В начале XX в. широкое распространение приобрело использование деревянных свай. Их погружали в предварительно пропаренный многолетнемерзлый грунт. В качестве примера такого конструктивного решения в капитальном строительстве того времени

можно привести здание бани в Якутске, которое было возведено в 30-х годах XX столетия.

По головам деревянных свай укладывались круглые бревна диаметром 27 см. По верху бревен устанавливался деревянный ростверк из брусьев сечением 25х25 см, который служил основанием ленточного бутового фундамента. Под зданием было устроено проветриваемое подпольное пространство высотой 50 – 60 см. Проветривание осуществлялось через продухи в цоколе здания. Но по причине утечки горячей воды через перекрытия из-за плохой гидроизоляции грунты под зданием протаяли. В результате этого произошли большие деформации. В 1967 г. были произведены восстановительные работы с промораживанием грунтов основания в зимний период, само здание реконструировали и обустроили под детскую библиотеку. В настоящее время оно до сих пор эксплуатируется без каких-либо деформаций.

В послевоенный период широкое распространение получили железобетонные конструкции фундаментов - уже в 1948 г. в Якутске была сделана первая попытка применить сборные железобетонные сваи сечением 40х40 см при строительстве кирпичного здания школы № 9 с применением парооттайки многолетнемерзлого грунта. Однако первый опыт погружения железобетонных свай с применением паропрогрева оказался неудачным вследствие отсутствия в то время подъемных механизмов и паровых котлов большой мощности. Позже было решено применить комбинированный метод. Для этого вдоль оси несущих стен здания вручную были открыты траншеи глубиной 3,5 м, со их дна производилось оттаивание мерзлого грунта паровыми иглами на глубину 1 м, затем в образовавшуюся талую зону вручную погружались сваи. После установки сваи выправлялись по осям здания и заземлялись в грунте, далее траншеи до 2 м засыпали вручную комками мерзлого грунта с поливкой воды. После промерзания грунта и смерзания с ним свай траншеи засыпались талым песком. Данный способ позволил сохранить здание в эксплуатируемом состоянии до нашего времени.

Наряду с совершенствованием конструкций фундаментов в 1960-е и последующие годы велись работы по совершенствованию конструкций цокольной части зданий. Первые жилые, общественные и небольшие промышленные здания, возводимые на колоннах с башмаками, а впоследствии на свайных фундаментах строились с низким проветриваемым подпольем (высотой 0,5 м) с применением монолитных ребристых перекрытий. Но применение таких подполий оказалось нецелесообразным в виду невозможности нормальной эксплуатации таких подполий из-за непроходимости для очистки снега при снегозаносах и отвода воды при их затоплении в весенне-летний период, невозможности прокладки инженерных коммуникаций, отсутствия

возможности снятия опалубки монолитного перекрытия и малого съёма тепла. Указанные причины послужили для перехода на высокие проветриваемые подполья, и в настоящее время в Якутске во всех жилых и общественных зданиях делают подполья высотой не менее 1,2 м.

По причине сезонного оттаивания верхних слоёв грунта, то есть во избежание деформаций из-за пучения грунта, сваи погружают на глубину, превосходящую глубину сезонного оттаивания [9]. На данный момент в городе Якутске в основном используются сваи длиной 6, 8, 10 и 12 метров.

Сложившаяся в настоящее время практика проектирования и строительства предполагает, что при выборе площадки, помимо проведения анализа рельефа местности, необходимо провести тщательный микроклиматический анализ территории (микрорайонирование) [5]. Наличие многолетней мерзлоты в Якутске определяет особенности инженерных расчетов оснований и фундаментов зданий [11]. В каждом индивидуальном случае принимаются принципиальные проектные решения, связанные с возможностью или невозможностью сохранить мерзлоту под сооружением в процессе его строительства и эксплуатации [7]. Обоснованный выбор принципа использования грунтов в качестве основания является одним из важнейших факторов обеспечения устойчивости зданий и сооружений [6].

Сводом правил СП 25.1330.2012 предусмотрено два принципа строительства на многолетнемёрзлых грунтах:

- принцип I заключается в использовании многолетнемёрзлых грунтов в качестве основания в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации сооружения (без предварительного оттаивания).
- принцип II основывается на использовании многолетнемёрзлых грунтов в оттаянном или оттаивающем состоянии (с их предварительным оттаиванием на расчетную глубину до начала возведения сооружения или с допущением их оттаивания в период эксплуатации сооружения) [10].

В силу преимущественно сплошного залегания многолетней мерзлоты наиболее распространённым на территории г. Якутска является именно I принцип использования грунтов в качестве основания с использованием висячих свай в качестве фундаментов. Применение II принципа в большинстве случаев является нецелесообразным и используется лишь в ограниченных пределах.

При строительстве по I принципу для сохранения вечномёрзлого состояния оснований используются различные методы, такие как: подсыпка, теплоизоляция, вентилируемые подполья (в частности

неотапливаемые помещения 1-го этажа), подсыпки с тубами воздушного охлаждения, промораживание колонки [14].

При использовании принципа II на вечномёрзлых грунтах существуют два основных подхода: предпостроечное оттаивание и оттаивание грунтов в процессе эксплуатации сооружений.

Практика использования вечномёрзлых грунтов в качестве оснований показала, что в процессе эксплуатации зачастую невозможно избежать появления дефектов и повреждений, вызывающих большие ремонтно-восстановительные работы, а в некоторых случаях – потерю устойчивости зданий, иногда с тяжелыми последствиями. Основными причинами деформаций являются:

1. неудовлетворительные проектные решения по нулевому циклу;
2. дефекты при производстве строительных работ по нулевому циклу;
3. неправильная эксплуатация зданий и сооружений.

Первая причина дефектов и повреждений обусловлена проектированием при недостаточных инженерных изысканиях [13]. Последствиями могут быть: неправильная глубина заложения фундаментов, прокладка вблизи фундаментов зданий теплопроводов без надлежащих мер, исключающих их тепловое влияние на грунт.

Вторая причина дефектов и повреждений обусловлена, как правило, необоснованным отступлением от проекта в части заглубления фундаментов, несоблюдением планировочных отметок территории застройки (что приводит к скоплению атмосферных вод под зданиями).

Третья причина недопустимых дефектов и повреждений обычно вызывается стоком поверхностных и талых вод в основание зданий при авариях отопления (что приводит к интенсивному протаиванию грунтов и водонасыщению материала фундаментов) и скоплением снега вокруг зданий (вызывающим отепление грунтов основания и снижение продуваемости подполий при первом принципе строительства) [8].

ВЫВОДЫ

1. Территория города Якутска является наиболее значимым объектом в области освоения свойств вечномёрзлых грунтов и использования их в качестве оснований для строительства зданий и сооружений. Первые важнейшие исследования были проведены именно в Якутске и его окрестностях. Накопленный опыт и его анализ позволили выработать современные особенные подходы к проектированию фундаментов на ММГ.

2. В связи со сложными природно-техногенными условиями в этой зоне и реальными процессами потепления климата в

целом, возникают новые проблемы, связанные со строительством и последующей эксплуатацией зданий. Требуется расширение исследований и разработка новых типов фундаментов и перспективных инженерных решений для обеспечения высокой надежности и долговечности сооружений на ММГ.

3. Одной из главных задач является предотвращение возникновения деформаций и дефектов зданий на многолетнемёрзлых грунтах, с этой целью следует усилить контроль над качественным выполнением инженерных изысканий, а также над проведением работ в соответствии с заданным проектом без необусловленных отклонений от него.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вялов С.С., Войтковский К.Ф., Мельников П.И., Порхаев Г.В. и др. Фундаменты сооружений на мерзлых грунтах в Якутии. – М.:«Наука»,1968. 199 с.

2. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии. Якутск: Кн. Изд-во, 1973. 119 с.

3. Кудрявцев В.А. Мерзлотоведение: краткий курс. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981 г. – С. 240.

4. Основания и фундаменты. Краткий курс. Под ред. Н. А. Цытовича. Учебник для строит. вузов М.: Высшая школа, 1970. — 384 с.

5. Справочник по строительству на вечномёрзлых грунтах. Под ред. Ю. Я. Велли, В. И. Докучаева, Н. Ф. Федорова. Л., Строиздат, Ленингр. отд-ние, 1997, 552 с.

6. Цытович Н. А. Механика мерзлых грунтов: Общая прикладная: Учебное пособие. Изд. 2-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 448 с., вкл.

7. Рекомендации по выбору принципа использования вечномёрзлых грунтов в качестве оснований зданий, Москва 1984.

8. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*.

9. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 (с Опечаткой, с Изменением N 1).

10. СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88 (с Изменением N 1).

11. СП 50-101-2004 Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений..

12. Нукифорова М. Н. Исследование влияния динамики температурного режима грунтов оснований на эксплуатацию многоэтажных зданий г.Якутска – Якутск, 2017 г. 130 с.

13. *Кроник Я. А.* Безопасность основания и фундаментов зданий и сооружений на многолетнемёрзлых грунтах // Основания, фундаменты и механика грунтов, 2017.

14. *Стрижков С.Н.* Снижение техногенного воздействия зданий и сооружений на грунтовые основания и их геомониторинг в криолитозоне // Промышленное и гражданское строительство 11/2013.

15. *Коркина М., Соколова Е., Подгорная Т.И.* Якутск – город на вечной мерзлоте – растет и развивается: материала научного сборника «Новые идеи нового века». 2007 г, ТОГУ, Хабаровск. [Электронный ресурс]. URL: <http://pnu.edu.ru/media/filer/2012/09/03.pdf>. (дата обращения 01.03.2019).

16. Якутск - «крепкий орешек»: как строили столицу республики. [Электронный ресурс]. URL: <http://news.ykt.ru/article/46367> (дата обращения 21.02.2019).

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

АННОТАЦИЯ

Автором рассматриваются мёрзлые и многолетнемерзлые грунты, принципы использования их в качестве основания зданий и сооружений, конструктивные решения фундаментов, применяемых на вечномёрзлых грунтах с целью ознакомления с особенностями мёрзлых и многолетнемерзлых грунтов, с особенностями проектирования фундаментов в условиях вечной мерзлоты, новыми типами фундаментов и др. Собрана и систематизирована информация о свойствах мёрзлых грунтов, об инженерных мероприятиях, применяемых на таких грунтах. Анализ собранных данных показал, какие типы фундаментов стоит применять в строительстве на многолетнемерзлых грунтах в ближайшей и дальней перспективах.

ВВЕДЕНИЕ

Центральная Сибирь и Дальний Восток – территория, отличающаяся огромными запасами полезных ископаемых. Здесь присутствуют крупнейшие месторождения углеводородов, угля, золота, гелия, меди, алмазов, крупные месторождения цветных, чёрных и редких металлов, фосфоритов урана, олова, и других рудных и нерудных полезных ископаемых. Освоение этих территорий отвечает национальным интересам России. Однако, наибольшая сложность развития инфраструктуры Центральной Сибири и Дальнего Востока обуславливается не только отдалённостью этих территорий, но и инженерно-геологическими условиями. Большую часть этих территорий занимают мёрзлые и многолетнемерзлые грунты.

Мёрзлые и многолетнемерзлые грунты занимают обширные территории Азии, Северной Америки, Антарктиды, а также в Европе. Общая площадь распространения таких грунтов составляет 35,17 млн. км² (23 % земной суши), из них 11 млн. км² в Российской Федерации. В России (рис. 1) мёрзлые и многолетнемерзлые грунты занимают в основном азиатскую часть, при этом область их распространения простирается вплоть до Северного Ледовитого океана. Они охватывают большую часть Сибири и всю Арктику. [1]

Мёрзлыми называются грунты, имеющие отрицательную или нулевую температуру и содержащие в своём составе лёд. Многолетнемерзлыми являются мёрзлые грунты, находящиеся в таком

состоянии в течении трёх и более лет. Благодаря содержанию в своей структуре льда, мёрзлые грунты являются практически несжимаемыми, однако, при оттаивании их несущая способность резко уменьшается и они дают большую просадку. Значительно изменяются и прочностные и деформационные свойства мерзлых грунтов при перемене температур в отрицательном спектре.

Особенности проектирования зданий и сооружений на вечной мерзлоте.

Особые природные и экономические условия районов распространения многолетнемерзлых грунтов обуславливают особые требования к проектированию, возведению и эксплуатации зданий и сооружений. К таким условиям относятся: суровый климат, мёрзлое состояние грунтов и экономические особенности, связанные с удалённостью и малой освоенностью территорий.

При строительстве на многолетнемерзлых грунтах повышаются требования к теплотехническим характеристикам ограждающих конструкций и материалов, из которых возводится здание или сооружение. Применяются особые архитектурно-планировочные решения, связанные с длительным пребыванием человека вне улицы. Высокие скорости ветра в таких условиях не только предполагают специальную защиту ограждающих конструкций зданий и сооружений, но и усиление несущих конструкций. Из-за часто повторяющихся ветров объекты заносит снегом, что нарушает транспортное сообщение, проветривание подполий зданий. В связи с этим применяются решения по защите объектов от снегозаносов. [2] Наибольшая же специфичность проектирования зданий на многолетней мерзлоте сосредоточена в вопросах проектирования фундаментов, для этого написан даже отдельный свод правил, СП 25.13330.2012

Принципы использования мёрзлых и многолетнемерзлых грунтов в качестве основания.

При проектировании зданий и сооружений на таких грунтах используются два принципа, сформулированные Н. А. Цытовичем. [3] При принципе I грунты используются в мерзлом состоянии в течение всего периода эксплуатации зданий и сооружений. При принципе II – грунты используются в оттаявшем или оттаивающем состояниях.

Инженерные мероприятия для принципа I.

Подполья. Устройство подполья является наиболее распространённым способом регулирования теплового влияния зданий на температурный режим оснований. Оно представляет собой часть здания, заключённое между перекрытием первого этажа и грунтом основания. Непроветриваемые подполья устраиваются в районах с низкими отрицательными температурами и при незначительных

размерах здания в плане, когда основание остаётся мёрзлым за счет бокового охлаждения через грунт. Открытые подполья имеют постоянное сообщение с наружным воздухом. Однако, постоянная низкая температура в открытом подполье создаёт неблагоприятный температурный режим для помещений первого этажа здания. Чтобы снизить влияние низкой температуры на температурный режим помещений первого этажа, часто используются подполья с регулируемым проветриванием. Средством вентиляции для них служат отверстия (продухи), устраиваемые в цоколе здания.

Подсыпки. Их применение целесообразно в случаях, когда грунт основания плохо поддаётся разработке, например, на площадках с ископаемым льдом, при возможности карстовых явлений и пр. [4] В качестве материала для подсыпки хорошо подходят не сцементированные льдом пески средней крупности и крупные, а также крупнообломочные грунты (содержащие частицы размером до 0,1 мм). Высота подсыпки подбирается исходя из того, что высота протаивания под ней была не больше естественной мощности сезоннопротаивающего слоя.

Охлаждающие трубы и каналы. Охлаждающие трубы проводятся на некоторой глубине под всем зданием и объединяются коллекторами, по которым подаётся охлаждающая жидкость или газ. Искусственное охлаждение используется при значительных технологических нагрузках на полы, а также при невозможности использования проветриваемых подполий.

Фундаменты, используемые в многолетнемерзлых грунтах.

В основном на многолетнемерзлых грунтах применяются свайные фундаменты, обеспечивающие несущую способность за счет смерзания боковой поверхности с грунтом и оперения острия сваи. [5] Однако, бывают случаи, когда целесообразнее всего применить другой тип фундаментов. Например, когда здание возводится на подсыпке, на площадках с неглубоким залеганием кровли разрушенных скальных пород, а также на площадках с массивами льда, применяются сборные столбчатые фундаменты. Ленточные фундаменты применяют в том случае, когда их подошвы проектируются в пределах насыпи из непучинистых грунтов.

Устройство столбчатых и ленточных фундаментов предполагает большой объём земляных работ, поэтому наиболее рациональных в условиях многолетней мерзлоты является устройство свайных фундаментов.

На многолетнемерзлых грунтах в большинстве случаев применяются буроопускные сваи с гладкой боковой поверхностью. В предварительно пробуренную на определённую глубину скважину опускают сваю, а пространство между свайей и стенками скважины

заполняют грунтовым раствором и выдерживают до смерзания с окружающими грунтами. Нагрузка от сооружения передается на грунты основания через нижний конец сваи и боковую ее поверхность.

Серьёзным недостатком буроопускных свай с гладкой боковой поверхностью является их малая надёжность в условиях вечной мерзлоты за счёт снижения несущей способности со временем. Не последней проблемой в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов является глобальное потепление. Появилась необходимость появления новых типов свай, позволяющих использовать несущую способность оснований более эффективно. [6]

Существует множество патентов на конструкции свай для использования в многолетнемерзлых грунтах: забивные сваи с многогранным стволом, буроопускные сваи с дополнительным расширяющимся кожухом, буроопускные сваи с анкерными элементами, набивные сваи с анкерными элементами и др. Все эти виды свай являются лишь аналитическими моделями и не получили распространения в практики строительства в условиях вечной мерзлоты.

Винтовые сваи. Впервые были применены Александром Митчеллом при строительстве маяка в Мэплин Сэндс на р. Темза в 1838 г. Данные сваи вследствие их сравнительно небольшой несущей способности применяют при строительстве опор линейных трубопроводов, фундаментов опор ЛЭП, а также при малоэтажном строительстве гражданских зда-ний. [5] Винтовые сваи имеют высокую несущую способность как на сжимающие, так и на выдёргивающие нагрузки. Такая свая представляет собой металлическую трубу с приваренным к ней анкером с лопастями, обеспечивающими простое погружение в грунт. В многолетнемерзлых грунтах винтовые сваи чаще всего используются как опоры трубопроводов и при строительстве малоэтажных домов, так как вдавливающие нагрузки в этих случаях невелики.

Буроопускной способ

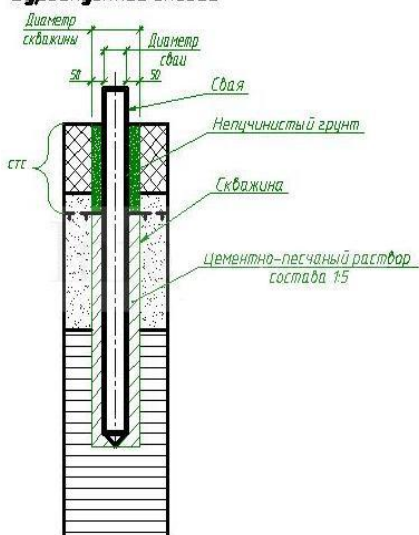


Рис. 1. Схема буроопускной сваи с гладкой боковой поверхностью

Существует различие между сваями, применяемыми в мерзлых грунтах и сваями, применяемыми в талых грунтах. Во втором случае используют широколопастные анкеры с заостренным наконечником с отношением диаметров лопасти и ствола сваи $> 1,5$. В вечно-мёрзлых грунтах применяют узколопастные анкеры с отношением диаметров лопасти и ствола сваи $< 1,5$.

Несмотря на положительные стороны винтовых свай, таких, как их высокая технологичность и дешевизна, существует ряд серьёзных недостатков. Бурение скважин под такие сваи не прощает ошибок, так как возможно существенное снижение несущей способности основания по боковой поверхности сваи.

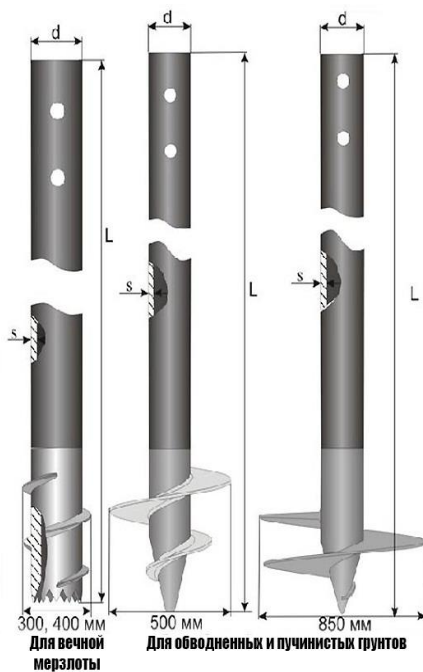


Рис. 2 Виды ребристых свай

Ребристые сваи. Анализ литературы показал, что необходимо стремиться к созданию буроопускных свай с неровной боковой поверхностью, так как именно эта конфигурация позволяет существенно увеличить несущую способность грунтов основания. С этой целью Набережным А. Д. была разработана методика по расчёту таких свай. Они представляют собой сваи с ребристой боковой поверхностью. Грунт под рёбрами таких свай работает на сжатие, что намного эффективнее, чем работа грунта на сдвиг по поверхности смерзания с материалом обычной буроопускной сваи.

При использовании ребристых свай на их ребрах образуется тонкий слой льда. В ребристых сваях нагрузка передается нижними гранями ребер и грунт или грунтовый раствор работает преимущественно на сжатие, вследствие чего наличие льда не будет значительно снижать несущую способность основания. Экспериментальным путём было установлено, что, чем меньше шаг рёбер, тем выше несущая способность. [7]

Ребристые сваи наиболее эффективны в условиях вечной мерзлоты ввиду того, что площадь смерзания поверхности сваи с

грунтом больше, вследствие чего повышается несущая способность основания. Использование ребристых свай экономически более выгодно, чем использование буронабивных свай с гладкой поверхностью.

Ремонтные работы повреждённых зданий и сооружений требуют больших затрат. Поэтому, гораздо более целесообразно внедрение в строительное производство нового типа свай. По данным технико-экономического сравнения буронабивных свай с гладкой боковой поверхностью и свай с ребристой боковой поверхностью, экономический эффект при внедрении данного типа свай составит порядка 2 млрд. руб/год.



Рис. 3 модель ребристой сваи

ВЫВОДЫ

1. Требования современных строительных технологий ставят задачи совершенствования методов исследования многолетнемерзлых грунтов и разработке эффективных конструкций фундаментов, важнейшей целью которых более эффективно использовать потенциал несущей способности ММГ с учетом перспективы климатических изменений.
2. Выделяются два основных направления: разработка новых видов фундаментов, позволяющих более полно использовать высокий потенциал несущей способности мерзлых грунтов и улучшение строительных свойств грунтов путем понижения их температуры.
3. Наиболее перспективным для использования в многолетнемерзлых грунтах, в настоящее время, видом свай являются сваи с неровной боковой поверхностью (ребристые сваи), которые не только более эффективно используют свойства мёрзлых грунтов, но и с учетом своей экономичности, в перспективе позволят увеличить объёмы строительного рынка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мерзлотоведение (краткий курс) под ред. В.А Кудрявцева Издательство Московского Университета. 1981 г.

2. Справочник по строительству на вечномёрзлых грунтах [текст]/под ред. Ю.Я. Велли, В.В Докучаева, Н.Ф Федорова, Ленинград, Стройиздат, 1977 г.
3. *Цытович Н.А.* Механика мерзлых грунтов Издательство «Высшая школа» 1973 г.
4. <http://townevolution.ru/books/item/f00/s00/z0000047/st047.shtml> 03.03.2019 20:15 Конструктивные мероприятия, обеспечивающие заданный температурный режим основания
5. *Набережный А.Д.* Повышение несущей способности свай в условиях вечномёрзлых грунтов // В сб. конф. «Строительство – формирование среды жизнедеятельности», 2016 – С. 1058-1061.
6. *Набережный А.Д.* Исследование несущей способности мёрзлых грунтов основания ребристых буроопускных свай, Северо-Восточный Государственный Университет имени М.К Аммосова, диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Якутск 2018 – на правах рукописи
7. *Набережный А.Д., Саввина А.Е.* Экспериментальные исследования висячих свай и способы повышения их несущей способности // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. - №8. – С.70-74.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА СОСТОЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Аннотация

Автором рассматриваются климатические изменения, влияющие на формирование и состояние мерзлых и многолетнемерзлых грунтов, методы поддержания этих грунтов в их естественном состоянии, с целью ознакомления с особенностями мерзлых и многолетнемерзлых грунтов. Собраны и систематизированы факторы, влияющие на мерзлый грунт. Анализ собранных данных показал, какие последствия влекут за собой климатические изменения по отношению к естественному ландшафту и застроенной территории.

Для практики проектирования и строительства на многолетнемерзлых грунтах имеет важность прогноз изменения этих пород с течением времени в зависимости от окружающих условий и приводит к необходимости изучать закономерности их динамики и развития. С физической точки зрения в мерзлых породах идет непрерывное превращение энергий, представляющих собой работу, происходящую в ходе совершающихся в них различных процессов. Накопление энергии от таких процессов приводит к качественным изменениям мерзлых пород, имеющих практическое значение. К ним относятся, процессы промерзания и оттаивания этих пород, изменяющие их механические и физические свойства. Формирование мерзлых пород происходит как от потерь тепла, так и от его приема. Климат и температура грунта в таком случае являются главными взаимозависящими факторами, приводящими к различному развитию и формированию свойств мерзлых пород.

Н. И. Толстихин и Н. А. Цытович предложили следующее определение мерзлых пород: «Мерзлыми породами, грунтами, почвами, называются породы, грунты, почвы, имеющие отрицательную или нулевую температуру, в которой хотя бы часть воды перешла в кристаллическое состояние». Из этого определения можно сделать вывод, что лед в мерзлых породах должен рассматриваться как породообразующий минерал. В связи с этим может происходить быстрое изменение свойств грунта при повышении их температуры, в том числе и в спектре отрицательных температур [1].



Рис. 1. Многолетнемерзлый грунт с погребенным льдом

Изменение климата приводит к постепенному повышению температуры многолетнемерзлых грунтов (ММГ), среднегодовой температурный показатель которых отрицательный, что является ключевым фактором в формировании вечной мерзлоты. За последние 80 лет климат на всей территории распространения мерзлых и многолетнемерзлых пород проявляет тенденцию в сторону потепления. Это стало одним из принципиальных направлений системных исследований вечномерзлых грунтов ещё с середины 1950-х годов Институтом мерзлотоведения РАН в геокриологических стационарах. В них проводили детальные термические наблюдения, измерения глубины сезонного таяния, определялись теплофизические свойства грунтов, а также изучались влияние ландшафтных факторов – растительности, снежного покрова, состава почвы и различных искусственных воздействий (расчистка снега, удаление растительности и верхнего органического слоя почвы) – на оттаивание/промерзание грунтов. Оценка влияния этих факторов подтвердила гипотезу, высказанную еще в 1848 году академиком А.Ф. Меддендорфом, что на территории застройки формируется более низкотемпературное поле, чем в естественной среде. Следовательно, можно предположить, что потепление климата скажется на ММГ городской застройки позже и в меньшей степени, чем на этих же грунтах в естественном ландшафте. [2]

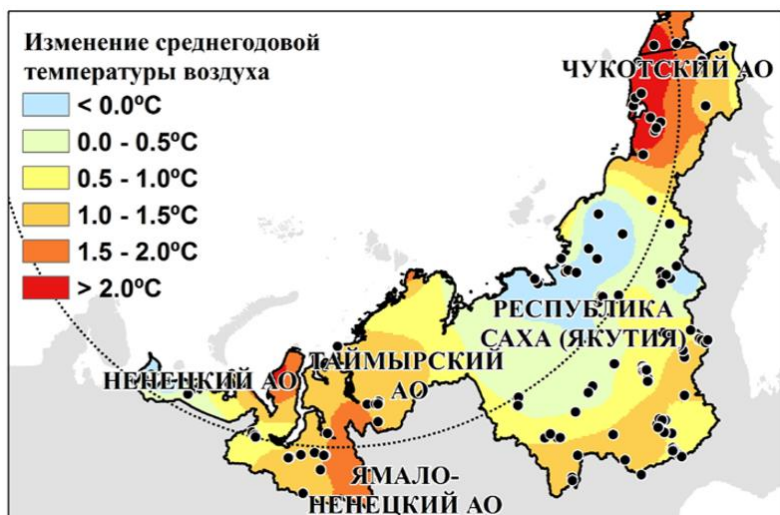


Рис. 2. Изменение среднегодовой температуры воздуха в период между 1960-1970 г. и 2000-2010 г.

Застройка территорий, связанная с возведением зданий и сооружений, устройством искусственных покрытий, вертикальной планировкой, осушением местности, всегда вызывает нарушение природных условий, что приводит к изменению температурного и влажностного режимов грунтов. Особое значение это обстоятельство имеет для области распространения многолетнемерзлых грунтов, где их термовлажностный режим определяет принцип строительства, конструкцию зданий и сооружений, способы устройства оснований и фундаментов, прокладки санитарно-технических сетей, устройства дорог, вертикальную планировку. [3]

В черте застройки может происходить как деградация, так и развитие многолетнемерзлых толщ. Под тепловыделяющими сооружениями без охлаждающих устройств будут образовываться зоны оттаивания. Одновременно может происходить и локальное образование многолетнемерзлых грунтов даже в тех местах, где до застройки территории они не встречались. Так как в результате застройки образуется своеобразный местный климат, происходит изменение или уничтожение растительного покрова, изменяются режим снежных отложений и плотность снега, меняются гидрогеологические условия. [4]

Последствия изменения климата в криолитозоне активнее проявятся на местности с естественным ландшафтом, чем на территории городской застройки. Но, как показали многочисленные исследования и анализ натуральных наблюдений [5], [6], [7] в любом случае, они будут

неминуемо ухудшать прочностные характеристики грунтов, активизировать геокриологические процессы, такие как термокарст, солифлюкция, неравномерные просадки почвы и т.п.



Рис. 3. Изменение расчетной несущей способности свайных фундаментов на примере висячей сваи 6 метровой длины по данным за 2000-2010 г.

ВЫВОДЫ

1. Повышение температуры наружного воздуха в разной степени оказывает влияние на температурный режим на территории с естественным ландшафтом и городской застройкой. В пределах городской застройки мерзлотные процессы значительно отстают во времени от аналогичных процессов в естественном ландшафте. Общая тенденция повышения температур стабильна.

2. Традиционно применяемые типы фундаментов (висячие сваи), в следствие повышение температур вмещающих грунтов, снижают свою несущую способность. Следует применять свайные фундаменты большей длины чем сейчас требуется по расчетам, повышая тем самым запас несущей способности и, соответственно, надежность и долговечность сооружения в целом.

3. В качестве дополнительного инженерного мероприятия, рекомендуется системно использовать дополнительные охлаждающие установки, обеспечивающие аккумуляцию холода в зимний период в грунтах оснований зданий и сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мерзлотоведение (краткий курс) под ред. В.А. Кудрявцева. Издательство Московского Университета, 1981 г.
2. Справочник по строительству на вечномёрзлых грунтах под ред. Ю.Я. Велли, В.В. Докучаева, Н.Ф. Федорова. Стройиздат, 1977 г.
3. Общее мерзлотоведение под ред. Б.Н. Достовалов, В.А. Кудрявцев Издательство Московского Университета 1967 г
4. <http://os.x-pdf.ru/20raznoe/216694-1-vliyanie-izmeneniya-temperaturnogo-rezhima-gruntov-nesuschuyu-sposobno.php> Влияние изменения температурного режима грунтов на несущую способность ММГ основания.
5. *Никифорова М.Н.* Исследование влияния динамики температурного режима грунтов оснований на эксплуатацию многоэтажных зданий г. Якутска. ВКР СВГУ, 2017 – на правах рукописи
6. *Алексеева О.И.* О проблемах градостроительства в криолитозоне (на примере Якутска) О.И. Алексеева, В.Т. Балобаев, М.Н. Григорьев и др. // Криосфера Земли. – 2007. – № 2. – С. 76-83. – на правах рукописи.
7. *Анисимов О.А., Стрелецкий Д.А.* Геокриологические риски при таянии многолетнемерзлых грунтов // Арктика. XXI век. Естественные науки – №2 – 2015 – на правах рукописи.

НАМЫВНЫЕ ГРУНТЫ КАК ИСКУССТВЕННОЕ ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЙ В СЛОЖНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

АННОТАЦИЯ

В данной обзорной исследовательской работе рассматривается опыт строительства на намывных грунтах в пойме реки Лена в г. Якутске в зоне ММГ. Целью исследования являлось определение на основании опыта проектирования на намывных территориях в условиях ММГ основных проблем и правил строительства.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, время технологий, новых открытий и стремительного прогресса, человек не останавливается на достигнутом. Воля человека неутолима, ей всегда мало и человеку всегда хочется большего. Возможность расширения границ и новых территорий человек тоже не упустил. Возможность создавать новые территории, жилые площади и целые острова смело пришла в 21 век. Обстоятельством этого стала технология намыва грунтов.

Сегодня технология намыва грунтов хорошо известна в мире и имеет хорошую репутацию. Она используется для создания новых жилых площадей на болотистых и пойменных территориях, для расширения прибрежных территорий, для защиты от подтоплений застраиваемых территорий, а также служит основанием уникальных проектов, например, искусственных островов или целых архипелагов. Намыв грунтов позволяет формировать рациональную планировочную структуру городов, размещенных на берегах морей, рек и озер, дает возможность преобразовывать прибрежные полосы и использовать участки с лучшими микроклиматическими условиями, выходом города к морю или реке.

Так, например, в Сингапуре за 10 лет море потеснили на 100 кв. км. Теперь государство-карлик вместо 600 занимает целых 700 кв. км.

Американский город Сан-Франциско подобно Сингапуру выступает далеко в море из-за того, что некоторые районы были построены на искусственных насыпях.

Китай же этой технологией не пренебрегает с 1990 года. Вслед за Китаем Япония тоже активно использует намыв для освоения морских территорий. Они использовали эту технологию для постройки новых аэропортов.

Бесспорным лидером по количеству искусственных островов является Дубай. То, что сейчас из себя представляют архипелаги «Мир» и «Вселенная», а также «Пальмовые острова» – результат чрезвычайно сложной и ресурсе затратной работы.

Опыт намыва в России не мал. Уже с начала 20 века намыв применялся в северной столице России. В 1933-1934 гг. были намыты территории для строительства пассажирского порта на побережье Финского залива. Намыв проводился на торфяную залежь, в последствии, на котором возведены здания на свайных фундаментах. В настоящее время уже функционирует морской пассажирский терминал «Морской фасад». На данный момент разработан проект кольцевого намыва, который будет представлять из себя 9 круглых островов в акватории Финского залива.

Намытые основания использовались не только в Санкт-Петербурге, но и в других городах России, таких как: Москва, Нижний Новгород, Омск, Самара, Архангельск и Якутск.

Технология намыва грунтов успешно отработана и используется в настоящее время по всему миру. Это сравнительно дешевый и простой способ, при котором применяются различные виды земснарядов. Разработку грунта землесосными снарядами осуществляют засасыванием грунта со дна или подводных откосов водоема. При работе земснаряда во всасывающей трубе грунтового насоса создается разрежение, под действием которого засасывается вода вместе с частицами грунта (пульпа). В плотных и связных грунтах применяют различные рыхлители (фрезерные, роторные, ковшевые и др.). В подводных забоях грунт начинают разрабатывать земснарядами с погружением грунтозаборного всасывающего устройства с наконечником (или рыхлителем) на глубину снимаемого за одну проходку слоя. В процессе его заглубления земснаряд периодически перемещают для расширения забоя. Для дальнейшей разработки подводной выемки земснаряд папильонируют, т.е. перемещают в забое свайно-канатным способом с помощью тросов по дуге окружности, центром которой является одна из папильонажных свай. Поворачиваясь веерообразно в плане, земснаряд засасывает пульпу и перекачивает ее на берег по плавучему пульпопроводу. Также перемещение пульпы может осуществляться и самими земснарядами.

Насыпи из пульпы намывают слоями толщиной 20 ... 25 см. Распределительные пульпопроводы при намыве периодически перекладывают по высоте в соответствии с принятой разбивкой на ярусы намыва. Высота яруса и, следовательно, частота перекладки труб зависят от способа намыва. На практике применяют три основных способа - эстакадный, низкоопорный и безэстакадный. Намыв насыпей

обеспечивает значительную плотность грунта, что в большинстве случаев не требует проведения работ по искусственному его уплотнению [1].

Опыт использования гидромеханизированной технологии намыва в г. Якутске является уникальным, т.к. основанием намыва является пойма реки Лена на многолетнемерзлых грунтах, а такого строительства нет нигде.

Начало истории использования намывных грунтов для строительства зданий в условиях вечной мерзлоты относится к середине 60-х годов прошлого столетия, когда в г. Якутске на территории речного порта на намывных грунтах мощностью 2,0~4,5 м были построены здания с сохранением грунтов оснований в многолетнемерзлом состоянии (по Принципу I). Фундаменты строений были свайные, длина свай 6-8 м. Безопасность эксплуатации обеспечивалась проветриваемым подпольем.

После этого следующим опытом строительства на намыве стала постройка 202-го микрорайона. Намыв грунтов производился с 1980 г. После окончания строительства, 202-й микрорайон стал одним из наиболее благоустроенных в Якутске. Наличие ММГ вызывало необходимость проектирования по I-му Принципу строительства на вечной мерзлоте [2]. Так построен весь 202-й микрорайон и часть 203-го.

В архиве публикаций, накопившимся за столь долгое время, утверждалось, что строительство на намывных территориях должно производиться по I-му Принципу, для того чтобы сохранить отрицательные температуры многолетнемерзлого основания. В качестве примера удачной реализации этого утверждения приводится опыт строительства 202-го микрорайона в г. Якутске [3]. Данный способ был применен в целях эксперимента, т.к. предполагалось, что после намыва, мерзлота пойдет выше, в намывные грунты. Но мерзлота не пришла, а даже наоборот, начала подтаивать благодаря утечкам санитарно-технических коммуникаций типичным для Якутска и по большому счету из-за фильтрационных вод р. Лена, которые и определяют температурный режим вечной мерзлоты [4].

В настоящий момент это дало неудовлетворительный результат в виде аварийного дома №19 в 202-м микрорайоне. Данный корпус накренился на 42 см, что привело к трещинам толщиной 1-2 миллиметра. Это произошло из-за деформации намывных грунтов, такова основная причина, указанная специалистами из СВФУ и ООО «Геотехнология». Так же этой проблемой занимаются на кафедре «ПГС» инженерно-технического института СВФУ. В одном из интервью газете «Якутск Вечерний» Посельский Федор Федорович завкафедрой "Промышленное

и гражданское строительство" инженерно-технического института Северо-Восточного федерального университета (СВФУ) указал, что по данным исследований, как намывные, так и подстилающие грунты сильно увлажнены из-за весенних паводков и, соответственно, деформируемы.

Оценивая первый опыт строительства на намытых территориях в условиях вечной мерзлоты, Цеева Анастасия Николаевна приходит к выводу, что при строительстве зданий с развитой подземной частью нельзя допускать оттаивания грунтов, подстилающих намывной массив и следует использовать усиленный плитный фундамент, воспринимающий и перераспределяющий усилия, вызванные неравномерной осадкой основания [2,3]. Использование I-го Принципа не имеет смысла, т.к. поддержание отрицательных температур ММГ с применением проветриваемых подполий на основе опыта 202-го мкр. считается невозможным [3]. Деформации зданий, возведенных вторым способом, вызваны преимущественно неравномерным оттаиванием многолетнемерзлых грунтов основания.

Основываясь на опыте 202-го микрорайона, на 203-ем начали строительство по II-му Принципу, используя плитный фундамент, что дало возможность использовать подвальные помещения для автомобильных стоянок.

ВЫВОДЫ

1. На основании этих наблюдений и исследований можно сказать, что на намывных грунтах в условиях ММ нужно применять II-й Принцип строительства, что и было осуществлено при возведении 203-го микрорайона, т.к. создание проветриваемых подполий не предотвращает оттаивание ММГ и в намывных грунтах можно применять те же принципы строительства, которые используются при проектировании фундаментов в стандартных климатических условиях. В связи с этим, а также учитывая опыт строительства МКР 202, можно заключить, что требования нормативных документов в пределах МКР 202 практически не выполнены. Здания, по существу, эксплуатируются на протаявших во время их эксплуатации основаниях, что соответствует требованиям СП 25.13330.2012 по Принципу II строительства на многолетнемерзлых грунтах.

2. Основным типом фундаментов при строительстве на намывных грунтах, исходя из опыта строительства в г. Якутске, следует считать усиленный плитный фундамент.

3. Намывные грунты дают возможность проектировать подземную часть зданий в условиях вечной мерзлоты.

4. Результаты обзора будут использованы в рамках дипломного проектирования и дальнейших исследованиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гидромеханизация. Учебное пособие для вузов. А. П. Юфин. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., Стройиздат, 1974, 223 с.

2. *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.

3. Строительство на намывных грунтах в криолитозоне / Л. Т. Роман [и др.]. М., 2008. 323 с.

4. *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.

Студентка 3 курса 5 группы ИСА Д.А. Мулендеева
Студентка 4 курса 2 группы ИСА Д.А. Исмаилова
Научный руководитель – доц., к-т техн. наук И.М. Юдина

РАСЧЕТ ОСАДОК ФУНДАМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ТРЕХ ИНЖЕНЕРНЫХ МЕТОДОВ И ИХ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

При проектировании фундаментов выбор правильных конструктивных решений определяется достоверностью определения стабилизированной осадки, а также прогноза затухания деформаций во времени.

На сегодняшний день рассмотрен вопрос сравнения расчетов осадки по МПС и МЭС, обозначены границы применимости обоих методов [1]. Представлен комбинированный метод [2], объединяющий такие достоинства классических методов, как простота в определении стабилизированной осадки с помощью функции с протабулированными коэффициентами, а также возможность прогноза затухания осадки во времени.

Практический интерес представляет сравнительный анализ трех методов прогноза осадки на примере решения задачи с целью выявления перспектив применения комбинированного метода.

Задача: определить осадку ленточного фундамента шириной $b=2\text{м}$ при глубине заложения $d=2,5\text{м}$. Дополнительное давление на основание $P_0=280\text{кПа}$. Основание сложено слоистой толщей грунтов:

I слой – песок мелкий, средней плотности, влажный; мощность $h_1=5,0\text{м}$, коэффициент относительной сжимаемости $m_{v1} = 0,039\text{МПа}^{-1}$; $v=0,2$, $\gamma=19\text{кН/м}^3$, $E_1 = 23\text{МПа}$, $k_{ф1}=1,2\cdot 10^{-2}\text{ см/с}=3,6\cdot 10^5\text{ см/год}$.

II слой – суглинок текучепластичный, $h_2 = 4,2\text{м}$, $m_{v2} = 0,050\text{МПа}^{-1}$, $\gamma=18\text{кН/м}^3$, $E_2 = 12\text{МПа}$, $k_{ф2}=8,5\cdot 10^{-8}\text{ см/с}=2,55\text{ см/год}$.

III слой – глина мягкопластичная, $m_{v2} = 0,040\text{МПа}^{-1}$, $\gamma=20\text{кН/м}^3$, $E_2=18\text{МПа}$, $k_{ф2}=7,5\cdot 10^{-9}\text{ см/с}=0,225\text{ см/год}$.

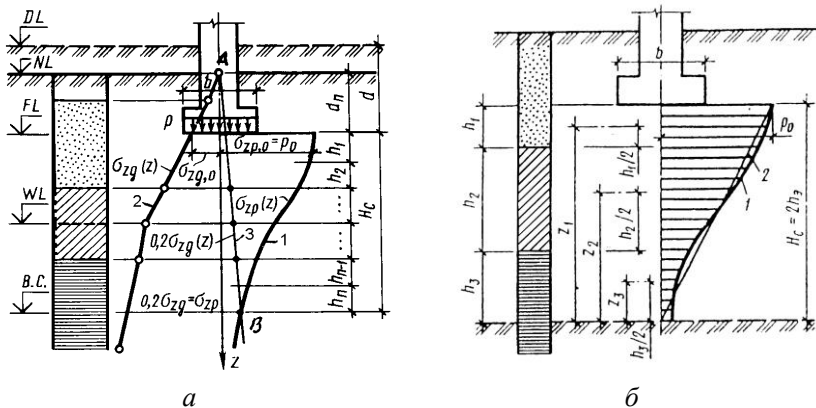


Рис.1. Расчетные схемы к определению осадки по: а) МПС, б) МЭС.

Табл. 1. Расчет осадки по методу послойного суммирования.

z, M	$\varepsilon = \frac{2z}{b}$	α	$\sigma_{zp,i}, \text{кПа}$	$\sigma_{zg,i}, \text{кПа}$	$0,2 \cdot \sigma_{zg,i}, \text{кПа}$	$E, \text{МПа}$	$S_i = \frac{\beta \sigma_{zp,i} h_i}{E_i}, \text{CM}$
0	0	1	280.00	47.5	9.5	23	0.385085
0.4	0.4	0.977	273.56	55.1	11.02	23	0.361906
0.8	0.8	0.881	246.68	62.7	12.54	23	0.321197
1.2	1.2	0.768	215.04	70.3	14.06	23	0.274643
1.6	1.6	0.642	179.76	77.9	15.58	23	0.232181
2.0	2.0	0.55	154.00	85.5	17.10	23	0.194198
2.4	2.4	0.447	125.16	93.1	18.62	23	0.171603
2.5	2.5	0.434	121.52	95.0	19.00	23	0.166344
2.8	2.8	0.420	117.60	101.0	20.20	12	0.296427
3.2	3.2	0.374	104.72	109.0	21.80	12	0.265440
3.6	3.6	0.337	94.36	117.0	23.40	12	0.240053
4.0	4.0	0.306	85.68	125.0	25.00	12	0.218773
4.4	4.4	0.280	78.40	133.0	26.60	12	0.200853
4.8	4.8	0.258	72.24	141.0	28.20	12	0.185547
5.2	5.2	0.239	66.92	149.0	29.80	12	0.172480
5.6	5.6	0.223	62.44	157.0	31.40	12	0.160907
6.0	6.0	0.208	58.24	165.0	33.00	12	0.150827
6.4	6.4	0.196	54.88	173.0	34.60	12	0.143733
6.7	6.7	0.189	52.92	179.0	35.80	12	0.139627
6.8	6.8	0.185	51.80	181.1	36.22	18	0.089600
7.2	7.2	0.175	49.00	189.5	37.90	18	0.084871
7.6	7.6	0.166	46.48	197.9	39.58	18	0.080640
8.0	8.0	0.158	44.24	206.3	41.26	18	0.077138
8.3	8.3	0.152	42.54	212.6	42.54	18	0.037813

$$S = \sum_{i=1}^n S_i = S_1 + S_2 + S_3 = 2,11 + 2,18 + 0,37 = 4,65 \text{ см}$$

Расчет осадки по методу эквивалентного слоя.

1) Мощность эквивалентного слоя:

$$h_3 = A\omega b = 2,26 \cdot 2 = 4,52 \text{ м,}$$

где $A\omega=2,26$ (по таблице Н. А. Цытовича при $\nu = 0,2$ и $n=l/b>10$).

2) Глубина активной зоны сжатия:

$$H_c = 2h_3 = 2 \cdot 4,52 = 9,04 \text{ м}$$

3) Средневзвешенный относительный коэффициент сжимаемости:

$$\bar{m}_v = \frac{\sum_{i=1}^n h_i m_{vi} z_i}{2h_3^2}$$

$$= \frac{(2,5 \cdot 0,039 \cdot 7,79 + 4,2 \cdot 0,050 \cdot 4,44 + 2,34 \cdot 0,040 \cdot 1,17)}{2 \cdot 4,52^2}$$

$$= 0,044 \text{ МПа}^{-1}$$

4) Средняя стабилизированная осадка фундамента:

$$S = P_0 h_3 \bar{m}_v = 0,280 \cdot 4,52 \cdot 0,044 = 0,056 \text{ м} = 5,6 \text{ см}$$

5) Средний коэффициент фильтрации:

$$\bar{k}_\phi = \frac{H_c}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{k_{\phi,i}}} = \frac{9,04}{\frac{2,5}{3,6 \cdot 10^5} + \frac{4,2}{2,55} + \frac{2,4}{0,225}} = 0,734 \text{ см/год}$$

6) Средний коэффициент консолидации:

$$\bar{c}_v = \frac{\bar{k}_\phi}{\bar{m}_v \rho_w} = \frac{0,734}{0,044 \cdot 0,001} = 16682 \text{ см}^2/\text{год}$$

Табл. 2. Определение затухания осадки во времени по МЭС.

U	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95
N	0,005	0,02	0,06	0,13	0,24	0,42	0,69	1,08	1,77	2,54
$t = \frac{4h_3^2 N}{\pi^2 \bar{c}_v}$, Г.	0,025	0,099	0,298	0,645	1,191	2,085	3,425	5,361	8,785	12,607
$S_t = S \cdot U$, см	0,56	1,12	1,68	2,24	2,8	3,36	3,92	4,48	5,04	5,32

Расчет осадки по комбинированному методу.

1) По таблице, приведенной в работе [2] находим A_{h_i} :

$$A_{h_3} = A_{H_c} = 1,734 ; \sum_{i=1}^3 A_i = A_{H_c} ;$$

$$A_1 = A_{h_1} = 1,334 ; A_2 = A_{h_2} - A_{h_1} = 1,720 - 1,334 = 0,386 ;$$

$$A_3 = A_{h_3} - A_{h_2} = 1,734 - 1,720 = 0,014 \cdot$$

$$E_m = \frac{1,734}{\frac{1,334}{19} + \frac{0,386}{12} + \frac{0,014}{18}} = 17 \text{ МПа}$$

2) Полная стабилизированная осадка фундамента:

$$s = \frac{0,8 \rho_0 b A_{H_c}}{E_m} = \frac{0,8 \cdot 0,28 \cdot 2 \cdot 10^2 \cdot 1,734}{17} = 4,6 \text{ см}$$

3) Высота эквивалентной треугольной эпюры давлений H_s и h_{s_i} :

$$H_s = 2bA_{H_c}; H_s = 2 \cdot 2 \cdot 1,734 = 6,94 \text{ м};$$

$$h_{s1} = 6,94 - \sqrt{(48,164 - 2 \cdot 1,334 \cdot 2 \cdot 6,94)} = 3,6 \text{ м};$$

$$h_{s2} = 3,34 - \sqrt{(11,156 - 2 \cdot 0,386 \cdot 2 \cdot 6,94)} = 2,68 \text{ м}; h_{s3} = 0,66 \text{ м}$$

4) Средний коэффициент фильтрации:

$$k_m = \frac{H_s}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{h_{s_i}}{k_i} \right)}; \quad k_m = \frac{1,334}{\frac{3,6}{3,6 \cdot 10^5} + \frac{2,68}{2,55} + \frac{0,66}{0,225}} = 0,33 \text{ см/год}$$

5) Средний коэффициент консолидации:

$$\bar{c}_v = \frac{\bar{k}_\phi}{\bar{m}_v \rho_w} = \frac{0,33}{0,042 \cdot 0,01} = 31762 \text{ см}^2/\text{год}$$

Табл. 3. Затухание осадки во времени по комбинированному методу.

U	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95
N	0,005	0,02	0,06	0,13	0,24	0,42	0,69	1,08	1,77	2,54
$t = \frac{4h_s^2 N}{\pi^2 \bar{c}_v}$, Г	0,031	0,123	0,369	0,799	1,475	2,581	4,241	6,637	10,878	15,364
$S_t = S \cdot U$, см	0,46	0,92	1,38	1,84	2,3	2,76	3,22	3,68	4,14	4,37

Результаты анализа трех методов прогноза осадки наглядно демонстрируют следующие преимущества комбинированного метода:

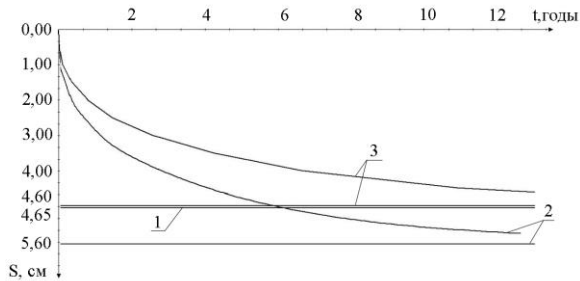


Рис. 2. График сравнения результатов прогноза осадки по трем методам: 1 – МПС, 2 – МЭС, 3 – комбинированный метод

1) простота в определении стабилизированной осадки с помощью функции с протабулированными коэффициентами, что исключает необходимость построения эпюры дополнительного давления;

2) в отличие от МПС, дает возможность прогноза затухания осадки во времени;

3) в отличие от МЭС, позволяет вычислять незавышенные значения стабилизированной осадки, для ленточного фундамента.

Единственной возможностью оценки достоверности предложенного метода расчета является сопоставление величины фактических осадок и прогноза затуханий деформаций оснований во времени, и определенных расчетом. В связи с этим для дальнейшего развития комбинированного метода следует провести натурные наблюдения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Енютина М.К.* Сравнение методов послойного суммирования и эквивалентного слоя при определении осадки грунта. // Теория и практика современной науки. – 2018. – № 2 (32). – С. 122-125.

2. *Юдина И.М.* Инженерный метод прогноза осадок оснований во времени. // Научное обозрение. – 2015. – № 14. – С. 126-129.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ГРУНТОВЫХ АНКЕРОВ

На сегодняшний день применение грунтовых анкеров – устройств, предназначенных для передачи усилия от элементов сооружения на массив грунта – является одной из ведущих технологий при возведении подземной части зданий и сооружений, в особенности при устройстве стен в грунте. Однако в научном сообществе до сих пор нет единого мнения о методах расчета таких конструкций, а проблема несоответствия результатов расчета при вычислении различными методами представляет собой самостоятельный интерес для изучения.

В данной статье были рассмотрены примеры расчета на выдергивание заданного грунтового анкера при помощи методов, разработанных на территории России и стран СНГ, а также приведен ведущий метод расчета данных конструкций в странах Евросоюза (на примере Германии).

Цели:

1. Выполнить расчет заданного грунтового анкера при помощи 4 принятых на настоящий момент методик.
2. Провести анализ полученных результатов расчета, при наличии несоответствия результатов установить причины их расхождения.

Краткое описание технологического процесса:

Технологический процесс устройства рассматриваемого инъекционного анкера включает в себя следующие этапы:

1. Устройство скважины под анкер станком вращательного бурения $d=200$ мм с глинистой промывкой до проектной глубины;
2. По окончании бурения в скважину через буровой снаряд осуществляется закачка цементного раствора $V/Q=0,6$ до излива из устья скважины, после чего буровой снаряд из скважины извлекается;
3. В скважину опускается анкер, перед чем проверяется правильность его сборки, целостность оболочки на свободной длине анкера, очистка стержней на длине зацепки от ржавчины;
4. Через 14 суток после устройства анкера производится его натяжение.

Определение исходных параметров расчета:

Геометрические параметры рассматриваемого анкера, представлены на рис.1.

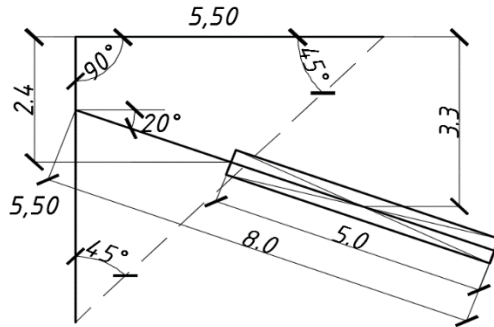


Рис.1. Геометрические параметры анкера

Высота силового многоугольника в принятом масштабе составляет $\eta = 50$ кН. Тогда значение момента, действующего на стену со стороны активного давления, будет равно:

$$M = \gamma_{max} \eta = 2.081 \cdot 50 = 104.1 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

С учетом коэффициента надежности:

$$M \gamma_f = 104.1 \cdot 1.4 = 145.74 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Значение распределенного усилия, действующего на анкера с учетом коэффициента надежности:

$$R_a \gamma_f = 52.66 \cdot 1.4 = 73,72 \text{ кН}$$

При угле заделки анкера 20° :

$$R_a' = \frac{R_a}{\cos 20^\circ} = \frac{73,72}{0,9396} = 78,43 \text{ кН}$$

Расчет несущей способности анкеров на выдергивающую нагрузку произведем из расстояния между анкерами $a = 1,5$ м.

Расчетная нагрузка на 1 анкер:

$$R_{расч} = R_a \cdot 1.5 \text{ м} = 78,43 \cdot 1.5 = 117.7 \text{ кН}$$

**Расчет длины корня анкера (l_k) по методике
Фундаментпроект:**

$$l_k = \frac{R_{расч}}{\pi D_c k_f m_p p_b \tan \varphi}$$

Где D_c - диаметр скважины, равен 0.2 м;

l_k - длина корня анкера;

k_f - коэффициент неоднородности грунта, 0.6;

m_p – коэффициент, учитывающий напряженное состояние окружающего грунта в зависимости от давления при иньенцировании (для песков 0.5; для глин 0.4-0.2);

p_b – величина избыточного давления в зоне заделки при иньенцировании (200-300 кПа);

φ – средневзвешенный угол внутреннего трения, 18°.

$$l_k = \frac{117.7}{3,14 \cdot 0,2 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 300 \cdot 0,33} = 5,34 \text{ м}$$

Расчет длины корня анкера (l_k) по методике ВСН-506-88:

$$l_k = \frac{R_{\text{расч}}}{\pi D_k (1 + \sin\varphi) (\sigma_{\text{од}} \tan\varphi + c) K_p \gamma_c}$$

Где $\sigma_{\text{од}} = 0,5 \cdot (\gamma_i \cdot h_k + g) (\xi_0 + \sqrt{\cos^2\varphi + \xi_0^2 \cdot \sin^2\varphi})$

γ_i – удельный вес грунта по глубине залегания анкера

h_k – глубина заложения центра заделки анкера

g – приведенная к равномерно-распределенной нагрузка от соседних зданий

ξ_0 – коэффициент бокового давления грунта в природном состоянии (для песок и супесей 0,43; для суглинков 0,55; для глин 0,72)

φ – средневзвешенный угол внутреннего трения, 18°.

$$\sigma_{\text{од}} = 0,5 \cdot (18,8 \cdot 3,3 + 0) (0,72 + \sqrt{0,91 + 0,52 \cdot 0,095}) = 60,6 \text{ кПа}$$

$$K_p = \left(\frac{1,01 - \left(\frac{D_c}{D_k}\right)^2}{1,01 - \frac{A^2}{1 + A^2}} \right)^\theta$$

$$A = \frac{E_0}{(1 + \nu_0) \left(\sigma + c \cdot \frac{1}{\tan\varphi} \right)} \cdot \sin\varphi$$

Где E_0 – средневзвешенное значение модуля деформации грунта

ν_0 – средневзвешенное значение коэффициента Пуассона

$$A = \frac{14000}{(1 + 0,42) \left(60,6 + 8 \cdot \frac{1}{0,33} \right)} \cdot 0,31 = 412,99$$

$$\theta = \frac{\sin\varphi}{1 + \sin\varphi} = \frac{0,31}{1 + 0,31} = 0,24$$

Определим коэффициент K_p :

$$K_p = \left(\frac{1,01 - \left(\frac{0,2}{0,4}\right)^2}{1,01 - \frac{374,3}{1 + 374,3}} \right)^{0,24} = 3,13$$

Вычислив коэффициент K_p и значение $\sigma_{\text{од}}$ определим длину корня анкера:

$$l_k = \frac{117,7}{3,14 \cdot 0,4(1 + 0,31)(60,6 \cdot 0,33 + 8)3,13 \cdot 0,64} = 1,99 \text{ м}$$

Расчет длины корня анкера по методике DIN 1054 Ground

$$l_k = \frac{P_d}{\pi \cdot D_k \cdot q_i}$$

Где P_d – несущая способность инъекционных анкеров по грунту основания

D_c - диаметр скважины, равен 0.2 м;

l_k – длина корня анкера;

q_i – предельное сопротивление грунта по боковой поверхности тела инъекции (200 для гравия; 150 для песков; 100 для глины и супеси) в слое i , кПа;

$$l_k = \frac{117,7}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 100} = 0,94 \text{ м}$$

Расчет длины корня анкера по методике МинТрансСтрой

$$l_k = \frac{R_{\text{расч}}}{\pi D_k k_f \left(\gamma_i \cdot h_k \left(\left(\frac{1 + \xi_0}{2} + \frac{1 - \xi_0}{2} \cos 2\varphi \right) \tan \varphi + \frac{1 - \xi_0}{2} \sin 2\varphi \right) + c \right)}$$

Где γ_i – удельный вес грунта по глубине залегания анкера

$$\xi_0 = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$l_k = \frac{117,7}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,8(18,8 \cdot 3,3 \left(\left(\frac{1+0,52}{2} + \frac{1-0,52}{2} \cdot 0,91 \right) \cdot 0,33 + \frac{1-0,52}{2} \cdot 0,09 \right) + 8)} = 4,02 \text{ м}$$

Результаты автоматизированного расчета:

Исходные данные							
Распределенное усилие, действующее анкера R_a , кН					78,43		
Шаг анкеров a					1,50		
Расчетная сопротивление анкера на выдергивание $R_{\text{расч}}$, кН					117,65		
Средневзвешенный угол внутреннего трения φ , град.					18		
$\sin \varphi$	0,3090	$\tan \varphi$	0,3249	$\sin^2 \varphi$	0,0955	$\cos^2 \varphi$	0,9045
По методике фундаментпроект							
Коэффициент неоднородности грунта k_f					0,6		
Коэффициент учета напряженного состояния грунта в зависимости от давления при инъекции p_b					0,4 (для глин)		
Расчетная длина анкера, м					5,34		
По методике ВСН-506-88							
Глубина заложения центра заделки анкера от поверхности грунта h_k					3,3		
Удельный вес грунта по глубине залегания анкера γ_i					18,8		
Глубина заложения центра заделки анкера h_k , м					3,3		
Средневзвешенное значение модуля деформации грунта E_0					14000		
Средневзвешенное значение коэффициента Пуассона					0,42		

Коэффициент A	412,99
Коэффициент θ	0,24
Коэффициент K_p	3,13
Расчетная длина анкера l_k , м.	1,99
По методике DIN 1054 Ground	
Диаметр скважины D_c , м.	0,2
Предельное сопротивление грунта по боковой поверхности тела инъекции в слое i q_i , кПа	100 (для глины и супеси)
Расчетная длина анкера	0,94 м
По методике МинТрансСтрой	
Удельный вес грунта по глубине залегания анкера γ_i	18,8
Коэффициент ξ_0	0,53
Расчетная длина анкера l_k , м.	4,02

Результаты расчета длины корня анкера для методик Фундаментпроекта, ВСЕ-506-88, DIN 1054 Ground и МинТрансСтрой составляют соответственно 5,34; 1,99; 0,94 и 4,02 метра. Наибольшая и наименьшая расчетная длина различается в более чем в 4,3 раза, что оказывает существенное влияние на всю работу конструкции.

ВЫВОДЫ

Из представленных выше расчетов по каждому из приведенных методов видно, что учет дополнительных параметров грунта, таких как угол внутреннего трения и коэффициент Пуассона значительно уточняет полученный результат, однако для разработки строгой теории работы грунтового анкера на продавливание необходимо проводить дальнейшие лабораторные изыскания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проектирование оснований и фундаментов гражданских зданий. Корнилов А.М., Егорова Л.А., Монастырский А.Е., Черкасова Л.И. Под редакцией Тер-Мартirosяна З.Г. 2004г.
2. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс): Учебник для строит. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1983. – 288 с., ил.3
3. Проектирование оснований и фундаментов Учебное пособие. Веселов В.А.
3. Основания, фундаменты и подземные сооружения: Справочник проектировщика / Под ред. Е.А. Сорочана, Ю.Г. Трофименкова. – М., 1985.
4. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация. – М, 1996.
5. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – М.: Институт АО «НИЦ «Строительство», 2016. – 220 с.

ВЛИЯНИЕ ТРЕЩИНОВАТОСТИ СКАЛЬНОГО МАССИВА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖЁСТКОСТИ ТРЕЩИН НА ЕГО ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования: Деформационные характеристики скального массива, а именно, модуль деформации скального массива (E_m), модуль упругости скальной отдельности (E_0), нормальная жесткость трещины (k_n), показатель трещиноватости грунта (RQD).

Цели: Определение влияния структуры трещин, т.е. ширины раскрытия трещин, высоты зубцов шероховатости трещин и толщины заполнителя, на модуль деформации скального массива (E_m).

Материалы и методы: Для определения деформационных характеристик трещиноватого скального массива использовали метод, который был предложен в работе (Власов Александр Николаевич, 1990). Сравнение результатов происходило на графике зависимости $E_m/E_0 = f(RQD)$ во всем диапазоне изменения значений показателя качества скального массива ($0 \leq RQD \leq 100$) (Чанг, Эйнштейн, 2000). Значения нормальной жесткости (k_n) вместе с характеристиками состояния трещин были взяты из работы (Речицкий В.И.).

Результаты: С помощью метода (Власов А.Н., 1990) были найдены необходимые деформационные характеристики и построены графики зависимости $E_m/E_0 = f(RQD)$ во всем диапазоне изменения значений показателя качества скального массива ($0 \leq RQD \leq 100$).

Выводы: Влияние структуры трещины на деформационные характеристики скального массива велико, ее влияние можно учитывать с помощью формул (Власов А.Н.).

ВВЕДЕНИЕ

Данная работа посвящена определению эффективных деформационных характеристик скального массива, рассеченного плоскопараллельной системой трещин, с помощью аналитических зависимостей Власова Александра Николаевича. Главной задачей этого исследования является определение влияния структуры трещин, т.е. ширины раскрытия трещин, высоты зубцов шероховатости трещин и толщины заполнителя, на модуль деформации скального массива (E_m).

1. Определение деформационных характеристик.

В настоящее время возникают проблемы, связанные с определением деформационных характеристик скального массива. Для их определения используют методы расчета, на основе эмпирических и аналитических данных.

Эмпирические системы применимы только для представительного объема рассматриваемого массива. При их применении к большему объему скального массива, точность их оценки существенно снижается из-за наличия трещиноватости на различных структурных уровнях, которая изменяет деформационные характеристики массива. Это происходит из-за масштабного эффекта, который подразумевает ухудшение свойств скального массива при увеличении рассматриваемого объема. Основными методами расчета, основанными на эмпирических данных, являются – выражения на базе систем RMR (Bieniawski, 1989) и Q (Barton et al., 1985), они основаны на шести параметрах, которые, по мнению авторов, оказывают наибольшее влияние на деформационные характеристики скального массива. После определения необходимых параметров значения критериев RMR и Q получают в неявном виде, поэтому для количественной оценки деформационных характеристик грунта были выведены следующие формулы:

$$E_m = 2 * RMR - 100, \text{ GPa (для } RMR > 50)$$

$$10 * \log Q < E_m < 40 * \log Q \text{ при } E_M^{CP} = 25 * \log Q$$

2. Основная часть

Эмпирические методы не учитывают численно механические характеристики и ориентацию трещин, а эти два фактора имеют значительное влияние при подсчете модуля деформации скального массива. Поэтому в рамках данной научной работы мы использовали альтернативный способ определения деформационных характеристик трещиноватого скального массива, который был предложен в работе (Власов Александр Николаевич, 1990). Эти формулы были предложены для подсчета деформационных характеристик слоистых трещиноватых сред:

$$E_m = \frac{1 * k_n * E_o}{1 * k_n + E_o}$$

$$G_m = \frac{1 * k_s * G_o}{1 * k_s + G_o}$$

Власов разработал с помощью метода асимптотического усреднения формулы, которые позволяют рассчитывать модуль деформации скального массива (E_m) с сетками трещин различных форм. Для подсчета модуля деформации скального массива (E_m) необходимы

модуль деформации трещин ($E_{тр}$) и модуль упругости отдельности скального массива (E_o). В своей работе он заменил модуль деформации трещин двумя величинами - нормальной (k_n) и касательной (k_s) жесткостями.

Также в данной работе использован метод, основанный на корреляции значений отношения модуля деформации массива (E_m) к модулю упругости скальной отдельности (E_o) и величины RQD. Этот метод был предложен в работе ряда авторов, и в частности (Чанг,Эйнштейн, 2000). В ней было сделано обобщение результатов многочисленных полевых опытов и построен график зависимости $E_m/E_o = f(RQD)$ во всем диапазоне изменения значений показателя качества скального массива ($0 \leq RQD \leq 100$). Главной проблемой этого метода является то, что показатель качества скального массива (RQD) не учитывает характерные особенности трещины, такие, как ширину ее раскрытия и заполняющий ее материал, оказывающие большое влияние на деформационные характеристики трещины.

Для определения эффективных деформационных характеристик скального массива, рассеченного плоскопараллельной системой трещин, мы задавались значениями λ - частотой трещин, т.е. количеством трещин на 1 м, которая связана с показателем трещиноватости (RQD) зависимостью:

$RQD = 100 * e^{(-\lambda * t)} * (1 + \lambda * t)$, где $t=0.1$ м-значение порога длины.

Значения нормальной жесткости (k_n) вместе с характеристиками состояния трещин были взяты из работы (Речицкий В.И.). Эти значения были получены на различных строительных площадках при строительстве высоких плотин. Полученные данные позволили В.И. Речицкому дать зависимость изменения значений нормальной(k_n) и касательной(k_s) жесткостей от величины раскрытия трещины и от отношения толщины заполнителя к высоте шероховатости. Значения модуля упругости скальной отдельности (E_o) выбирались в соответствии с реализуемыми значениями скальных грунтов средней прочности.

В результате расчетов по формулам (Власов, 1990) и зависимости показателя трещиноватости грунта (RQD) от частоты трещин (λ) :

$$E_m = \frac{l * k_n * E_o}{l * k_n + E_o}$$

Были построены графики зависимости $E_m/E_o = f(RQD)$.

3. На основе полученных графиков можно сделать некоторые выводы:

1. Как и предполагается, с уменьшением нормальной жесткости трещин (k_n), уменьшается и модуль деформации скального массива (E_m).

2. Благодаря построенным графикам, мы можем количественно оценить отношения модуля деформации массива (E_m) к модулю упругости скальной отдельности (E_o), при известных значениях показателя трещиноватости скального массива (RQD) и значении нормальной жесткости трещин.

3. С увеличением модуля упругости скальной отдельности (E_o) отношение модуля деформации скального массива к модулю упругости (E_m/E_o).

4. Формула (Власов, 1990) работает и позволяет нам оценить не только влияние трещиноватости, но и влияние структуры трещин, которые оказывают наибольшее влияние на модуль деформации скального массива (E_m).

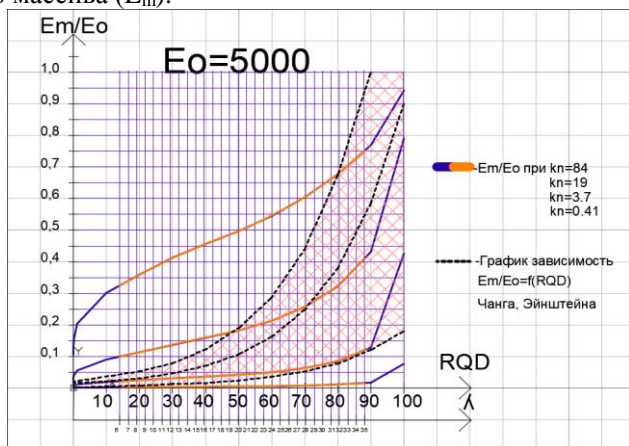


Рис.4. График зависимости $E_m/E_o = f(RQD)$ при $E_o=5000$ МПА

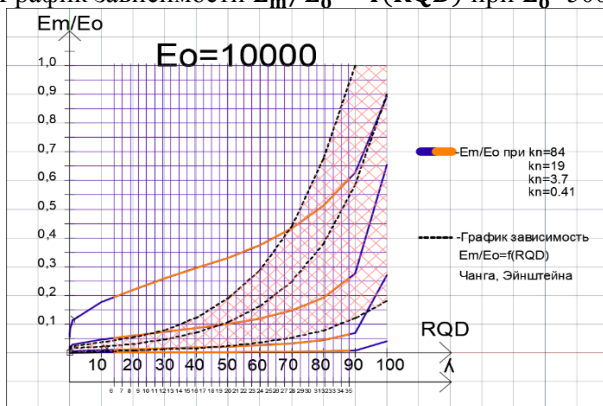


Рис.2. График зависимости $E_m/E_o = f(RQD)$ при $E_o=10000$ МПА

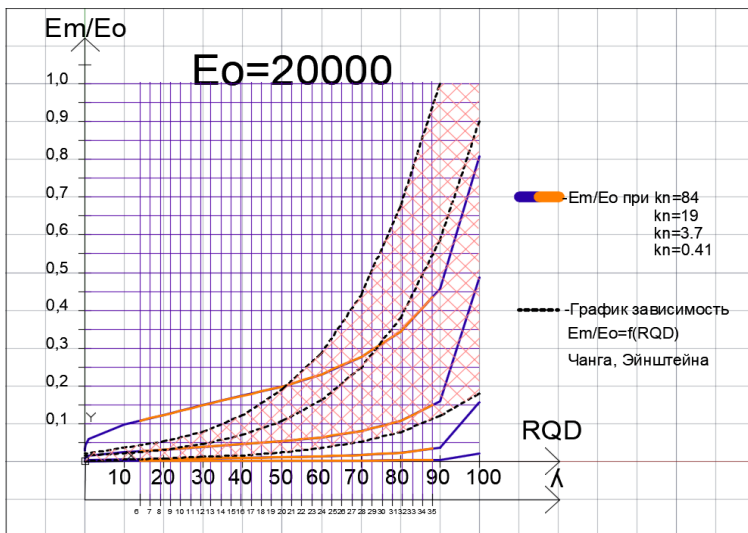


Рис.3. График зависимости $E_m/E_0 = f(RQD)$ при $E_0=20000$ МПа

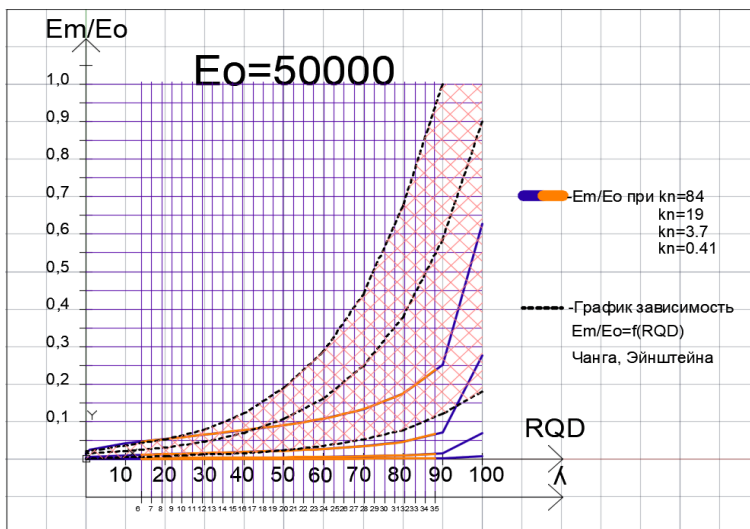


Рис. 4. График зависимости $E_m/E_0 = f(RQD)$ при $E_0=50000$ МПа

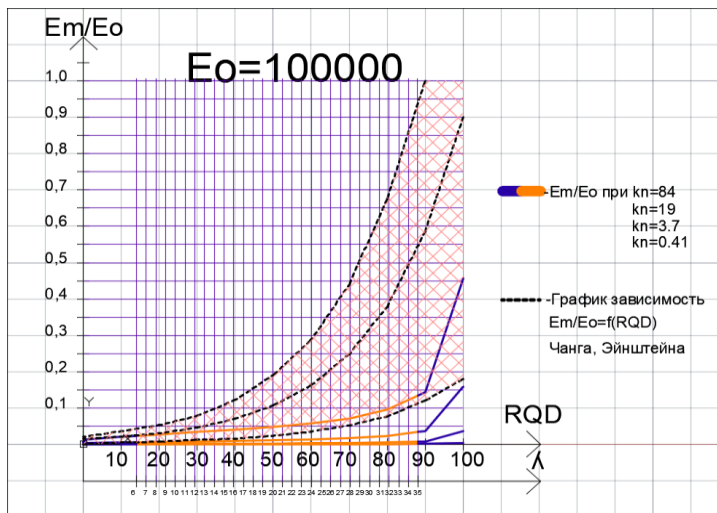


Рис.5. График зависимости $E_m/E_0 = f(RQD)$ при $E_0=100000$ МПа

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Власов А.Н., Зерцалов М.Г., Власов Д.А.* О применимости метода асимптотического усреднения к оценке деформационных характеристик скальных массивов.
2. *Зерцалов М.Г.* Геомеханика. Введение в механику скальных грунтов: учебник / М. Г. Зерцалов. - Москва : Изд-во АСВ, 2014. - 349 с.

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО СЕВЕРНОГО КЛИМАТА

АННОТАЦИЯ

Автором рассмотрены факторы, препятствующие активному освоению территории распространения многолетнемерзлых грунтов. Представлена информация об основных принципах и методах проектирования и строительства на вечноммерзлых грунтах, а также о мероприятиях для обеспечения высокой несущей способности оснований и фундаментов зданий и сооружений. Описаны часто применяемые типы фундаментов и материалов для утепления ограждающих конструкций в условиях северных широт. Приведены модульные здания из блоков-контейнеров, как отдельный вид строительных объектов для Крайнего Севера.

Россия – северная страна, почти 2/3 которой находится в области вечной мерзлоты. Грунты и горные породы здесь находятся в постоянно мерзлом состоянии, оттаивая лишь на небольшую глубину летом (примерно на 1-3м) [1]. Исключительностью Российского Севера являются суровые климатические условия, которые становятся существенными преградами для строительства. Строительная инфраструктура здесь активно развивается с 30-х гг. XX в., со времени начала добычи полезных ископаемых в этом регионе. В сооружениях, возводимых на вечноммерзлых грунтах без принятия особых, отличных от обычных условий, мер и методов, возникают совершенно недопустимые деформации, затрудняющие эксплуатацию сооружений и приводящие к их полному разрушению. Известны случаи обрушения неправильно построенных домов в Чите, а в Канаде, например, жителям пришлось покинуть целых два небольших города, построенных в годы войны: их дома вечная мерзлота буквально вывернула из земли [2].

Инженерная геокриология, как отрасль геокриологии, занимается особенностями проектирования и строительства различных инженерных сооружений в зоне распространения вечноммерзлых грунтов. Развитие ее началось в 20-х годах XX века благодаря стараниям таких ученых, как М.И. Сумгин, В.А. Обручев и В.И. Вернадский. Большой вклад внес Николай Александрович Цытович, который является основоположником инженерного мерзлотоведения, сформулировавший основные принципы механики мерзлых грунтов. Разработки, выполненные им в начале 30-х годов и позднее, привели к созданию нового научно обоснованного метода строительства с сохранением мерзлого состояния грунтов,

усовершенствованный в дальнейшем учеными мерзлотооведами и конструкторами строителями. На основе этого метода в военное время, а особенно в послевоенные годы были возведены многие многоэтажные здания, промышленные предприятия в Якутске и в других местах. Так, благодаря Н.А. Цытовичу и другим ученым-мерзлотооведам были построены один из самых северных городов планеты Норильск и крупнейший в мире Норильский горно-металлургический комбинат. Под руководством этого выдающегося ученого кафедра механики грунтов, оснований и фундаментов МИСИ достигла больших успехов, и благодаря его работам и трудам других сотрудников она продолжает стремительно расти. [3]

При проектировании и строительстве зданий и сооружений на вечномёрзлых грунтах, выделяют 2 основных принципа использования этих грунтов в качестве оснований:

- I принцип - сохранение мерзлого грунта в основании здания или сооружения в течение всего срока строительства и эксплуатации без допущения его оттаивания.

- II принцип - возможность оттаивания грунта в основании здания или сооружения до начала строительства или в период эксплуатации здания на некоторую допустимую величину, определяемую специальным расчетом. [1]

Как показывает практика, здания и сооружения в условиях Крайнего Севера строятся в основном по первому принципу, так как в мерзлом состоянии грунт имеет высокую несущую способность. В настоящее время при проектировании и расчете оснований и фундаментов зданий и сооружений на вечномёрзлых грунтах применяют несколько методов [4]:

- метод сохранения мерзлого состояния грунтовых оснований;
- метод конструктивный (учета осадок оттаивания грунтов);
- метод предпостроечного оттаивания и улучшения оснований.

В качестве варианта, предлагается использование грунтов оснований в вечномёрзлом состоянии, как способ обеспечения их



Рис.1. Цытович Н.А.

эксплуатационной пригодности и долговечности [5]. Технология метода заключается в организации мероприятий по уменьшению температуры грунтового основания до расчетных значений:

1. При ширине зданий до 10 м используют теплоизоляцию поверхности и возведение зданий на подсыпках. Вследствие этих инженерных решений происходит понижение температуры грунта из-за притока холода с боковых сторон и происходит снижение тепловых поступлений от существующего здания в мерзлый грунт.

2. Устройство холодных подполий со среднегодовой отрицательной температурой. Пол первого этажа в этом случае устраивается на перекрытии, приподнятом над поверхностью грунта. По режиму охлаждения холодные подполья подразделяются на неветилируемые, вентилируемые только в летний период и вентилируемые круглый год. Наиболее применимым на практике является последний вид. Основное охлаждение грунтов основания в подпольях в таком случае осуществляется путем вентилирования в зимнее время холодным наружным воздухом. [6]

3. На основании соответствующих теплотехнических расчетов и технологических требований взамен холодных подполий предусматривают устройство холодных первых этажей. Для лучшего охлаждения стен выполняют их из теплопроводных материалов, окна - одинарным остеклением.

4. Искусственное понижение температуры окружающего грунта с помощью саморегулирующихся колонок или холодильных установок, которые работают на основе циркуляции специальной жидкости (керосина) или газа (фреона). Как правило, этот метод применяют в качестве вспомогательного средства.

5. Устройство теплоизоляционного материала под полом отапливаемых зданий, в следствие чего, глубина оттаивания уменьшается. [7]

Основным типом фундаментов для вечномерзлых грунтов являются свайные фундаменты. Возможно использование свай следующих типов:

- буропускные – сваи, которые свободно погружаются в скважины с диаметром не менее, чем на 5 см превышающим размер поперечного сечения сваи, свободное пространство заполняется раствором.

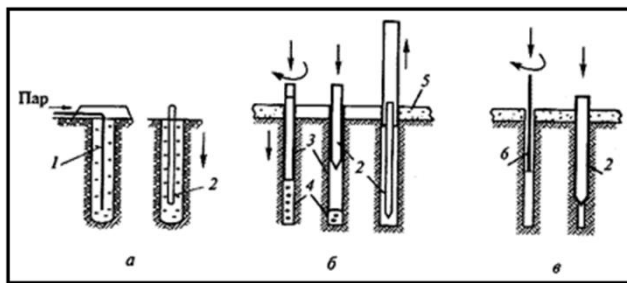


Рис.2. Схемы погружения свай в вечномёрзлые грунты: а - в оттаянный грунт; б - в скважину с обсадной трубой; в - забивка в лидирующую скважину

- опускные – сваи, которые свободно или с пригрузом погружаются в предварительно оттаянный грунт.

- бурозабивные (забивные) – сваи, погружаемых забивкой в лидерные скважины (созданные для последующего погружения забивной железобетонной сваи) с диаметром меньшим наибольшего поперечного сечения сваи.

- бурообсадные – полые сваи и сваи-оболочки, которые погружаются в грунт путем его разбуривания в забое через полость сваи с периодическим осаживанием погружаемой сваи.

- винтовые – полые сваи с винтом или одной или несколькими лопастями, которые погружаются завинчиванием в лидерные скважины (без лидерных скважин). [8]

Но и они подвергаются разрушению под действием многих конструктивных и природных факторов: 1) неправильная планировка подполий и окружающей территории, не обеспечивающая отвода поверхностных, надмерзлотных и аварийных вод от фундаментов; 2) напорное давление надмерзлотных вод при промерзании грунта в начале зимнего периода; 3) образование трещин в сваях под действием температурных деформаций ростверков; 4) превышение расчетных напряжений в бетоне, значительно снижающее его морозостойкость.

Это привело к исследованию альтернативного типа фундаментов – поверхностных вентилируемых пространственных фундаментов-оболочек. Они обладают рядом преимуществ, среди которых: совместимость функции несущей и охлаждающей грунт конструкции, что осуществляется посредством отсыпаемого на мерзлом основании промежуточного слоя; выполняемый из непучинистого материала промежуточный слой под пространственным фундаментом, значительно снижающий интенсивность криогенных процессов при тепловом и механическом взаимодействии зданий с мерзлым основанием;

возведение фундаментов без нарушения мерзлотно-грунтовых условий на строительных площадках, что позволяет ликвидировать временной технологический разрыв, который необходим при устройстве свайных фундаментов.

Так, опыт эксплуатации четырехэтажного здания каркасно-панельного административно-бытового комбината (АБК), возведенного на фундаменте-оболочке монолитной конструкции на сильнольдистых высоко-температурных грунтах показал, что произошло не только промерзание промежуточного слоя, но и понижение температуры грунтов ниже его подошвы.



Рис.3. Часть строящегося здания АБК на поверхностном фундаменте-оболочке в г. Норильск

Верхняя граница вечной мерзлоты установилась на глубине 1,8 м. Средняя осадка фундамента-оболочки составила 2,1 см, что является хорошим результатом. А значит и поверхностные фундаменты являются прекрасным решением для суровых условий наших северных регионов. [9]

Возведение фундамента – не единственная проблема, с которой сталкиваются инженеры при строительстве зданий в условиях Крайнего Севера. Аномально низкая температура, сильные ветры и суровые метели – еще одна особенность северного климата. Для обеспечения максимального комфорта кварталы городов в таком случае строят замкнутым контуром, с минимальным числом площадей и узкими разрывами между домами, что позволяет значительно снижать скорость ветра.

При строительстве на вечномерзлых грунтах основным типом возводимого здания является здание каркасного типа. Высокая скорость монтажа – вот главное его достоинство. В связи с этим, элементы каркаса выполняют из сборного железобетона и металла, причем металлические конструкции более эффективны и обладают рядом преимуществ перед железобетонными. Так, это отсутствие мокрых процессов, которое дает возможность вести строительство при низких температурах без устройства тепляков, также меньшая нагрузка на фундамент, так как при равных эксплуатационных условиях здание из стального каркаса будет легче железобетонного. Элементы здания из металлического каркаса можно демонтировать, усиливать несущие конструкции полосами стали,

в случае необходимости, производить модернизацию здания под новые требования производства, а повторное использование металла после демонтажа позволяет использовать его гораздо экологичнее и эффективней. [10]

Что касается ограждающие конструкции и теплоизоляции стен, то выполняют их из облегченных, утепленных панелей. Наилучшим решением во многих случаях является сэндвич-панель, которая имеет трёхслойную структуру, состоящую из двух листов жёсткого материала (металл, ПВХ, ДВП, магнезитовая плита) и слоя утеплителя между ними. Принцип сэндвич-технологии был описан ещё в 1950-х годах, однако активное применение

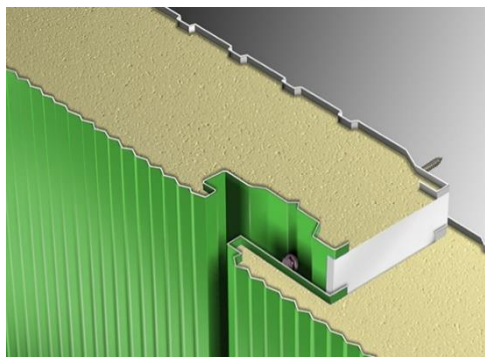


Рис.4. Крепление сэндвич панелей

сэндвич-панелей в строительстве в России началось лет через 30. Появление в России изделий, в которых в качестве утеплителя используется плита из каменной ваты, позволило эффективно решить проблему сохранения тепла. Производство в России панелей по западным технологиям с принятыми за рубежом классами точности (и соответствующих нормативам для нашего климата) сделало этот материал оптимальным выбором для строительства в районах с суровым климатом. В настоящее время индустриальными методами возводятся подавляющая часть городов и посёлков Сибири и Дальнего Востока. [11]

Важным элементом является теплоизоляция не только фундаментов, стен и кровли, но и светопрозрачных конструкций, и конструкции оконных блоков с заполнением инертными газами находят сегодня широкое применение в практике строительства на российском Севере. В частности, специальная программа по внедрению энергосберегающих окон действует в Красноярске. [11]

Также основные технологии сегодняшнего строительства - монолитный железобетон или же каменная кладка – в меньшей степени подходят при возведении зданий в удаленных местностях Северного климатического пояса. Поэтому все более востребованными становятся быстровозводимые или модульные здания, очень напоминающие «конструктор».

Они очень популярны в условиях Крайнего Севера в силу своих многочисленных достоинств, а именно:

- максимально ускоренные сроки строительства;
- минимальные материало-, трудо- и энергоемкость;
- повышенная конструктивная безопасность, устойчивость зданий и сооружений с фундаментами на многолетних мерзлых грунтах;
- обеспечение экологической и пожаробезопасности, долговечности зданий и сооружений;
- энергосбережение при эксплуатации зданий и сооружений;
- минимизация стоимости строительства.

Модульные здания, обладающие способностью выдерживать самые сложные эксплуатационные и природные условия, в суровом северном климате используются довольно успешно. Они имеют большой срок службы и могут долго сохранять эстетичный внешний облик. По уровню комфорта современные модульные здания для Севера практически ничем не



Рис.5. Модульные здания в г. Чита

уступают стандартным офисным и жилым помещениям. Основой их конструкции является блок-контейнер. Он может быть изготовлен любого размера и иметь любое соотношение сторон. Представляет из себя модуль, состоящий из внешней обшивки, изготовленный из профилированного стального листа, несущих стальных конструктивных деталей, теплоизолирующих минеральных материалов и панелей внутренней отделки (довольно часто модули изготавливаются из сэндвич-панелей) [12]. Одним из направлений применения таких блоков-контейнеров являются современные вахтовые поселки, которые пользуются наибольшей популярностью среди нефте- и газодобывающих компаний. Сроки постройки таких городков предельно сжаты, а требования к качеству проживания людей довольно высоки. Строить стационарные здания слишком дорого и не имеет смысла - по окончании вахтовых работ их придется оставить. Поэтому, оптимальным вариантом для создания таких городков остаются быстровозводимые вахтовые поселки на блоках-контейнерах. [13]

Сегодня в условиях крайнего севера действует несколько десятков различных полярных станций, все они построены из модульных быстровозводимых зданий на свайном типе фундамента. Самыми знаменитыми объектами являются станция «Арктический трилистник» на острове Земля

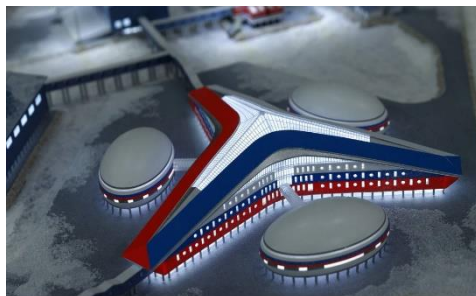


Рис.6. Модель Арктического трилистника

на острове Земля Александры архипелага Земля Франца-Иосифа и военная база «Северный клевер», размещенная на о. Котельный архипелага Новосибирские острова.

Основываясь на приведенных выше сведениях, можно сделать вывод, что динамика строительства городов на Крайнем Севере будет расти, что подразумевает дальнейшее изучение данных территорий и подталкивает к проектированию и созданию новых типов фундаментов, более технологичных и менее энерго- и материалоёмких. Как вариант, поверхностных фундаментов, совмещенных с несущими и ограждающими модульными конструкциями, в силу компактности и большой жесткости последних.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Цытович Н.А.* Механика мерзлых грунтов: Общая и прикладная: Учебное пособие. Изд. 2-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 448 с., вкл. (Классика инженерной мысли: строительство.)
2. Сибирский форум [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sibforum.sfu-kras.ru/node/106>
3. История кафедры механики грунтов, оснований и фундаментов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/Meh-Gruntov/history/>
4. *Рязанова Г.Н., Трофимова О.О.* Классификация существующих методов возведения нулевого цикла зданий на вечномерзлых грунтах; В сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство сборник статей. Самарский государственный технический университет. Самара, 2017. С. 353-355.
5. *Шустов П.А., Шустов А.П.* Сохранение грунтов оснований зданий и сооружений в вечномерзлом состоянии//

Современные технологии и научно-технический прогресс. 2008. Т. 1. № 1. С. 64.

6. *Палкуш А.А., Шлыкова И.Д., Субботина С.А., Соколова Н.В.* Способы возведения зданий в условиях вечной мерзлоты // Синергия Наук. 2018. № 30. С. 618-624.

7. *Радостев А.Я., Валдаев Д.М.* Особенности оснований и фундаментов зданий и сооружений, возводимых на территории распространения вечномерзлых грунтов// Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2018. Т. 2. С. 16-24.

8. *Опалихина А.А.* Свайные фундаменты на винтовых сваях в условиях крайнего севера // Инновационная наука. 2018. № 6. С. 31-34.

9. *Гончаров Ю.М.* Эффективный тип фундамента для строительства на многолетнемерзлых грунтах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://imz-2000.narod.ru/ygn_11.html

10. Проектирование зданий из стального каркаса в условиях пониженных температур [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://evansys.com/articles/>

11. Информационная система по строительству "НОУ-ХАУС.ру"[Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.know-house.ru/avtor/rockwool_10102011.html

12. Строительный эксперт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ardexpert.ru/article/5072>

13. ООО «Арктик-Модуль» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arcticdom.ru/catalog/modul-houses/vaxtovyie-poselki.html>

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ ГИДРАВЛИКИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

- Долгушев Т.В., Долгушева В.В.* Автоматизация расчётов и оптимизации бетонных гравитационных плотин на скальных основаниях 4
Научный руководитель – доц., к-т техн. наук В.В. Толстик
- Юссеф Я.В., Романова А.А.* Экспериментальное исследование гидравлической крупности частиц необычной формы 7
Научный руководитель – доц., к-т техн. наук Л.В. Волгина
- Матюшевская А.И.* Оценка ледовых нагрузок на защитные сооружения около ПАТЭС, город Певек 15
Научный руководитель – проф., д-р техн. наук И.Г. Кантаржи
- Бухарова Е.С.* Влияние порта г. Сочи в устье реки Мзымты на режим отложения наносов 21
Научный руководитель – проф., д-р техн. наук И.Г. Кантаржи
- Гришин В.С.* Обоснование строительства причальных сооружений в с. Тилички 27
Научный руководитель – проф., д-р техн. наук И.Г. Кантаржи
- Рзун В.В.* Особенности строительства оградительного мола в Геопорте г. Новороссийска 34
Научный руководитель – проф., д-р техн. наук И.Г. Кантаржи
- Пахомова М.Г.* Обоснование строительства грузового порта в устье р. Псоу и связанные с этим проблемы 40
Научный руководитель – проф., д-р техн. наук И.Г. Кантаржи
- Зубачев Н.А., Волоконский В.В.* Подбор состава и размера фракций заполнителя объемных георешеток с учетом гидравлического 48

воздействия. Назначение геометрических параметров объемных георешеток в зависимости от угла заложения откоса

Научный руководитель – проф., к-т техн. наук С.Н. Левачев, преп. И.М. Галимов

Юссеф Я.В. Обзор современных методов уменьшения испарения с водных поверхностей

Научный руководитель – доц., к-т техн. наук А.Г. Ходзинская

58

Лукичев Р.В., Складнев М.К., Черваков К.С. Исследование деформируемости и прочности полимерных геомембран при одноосном растяжении

Научный руководитель – доц., к-т техн. наук М.П. Саинов

65

Зайцев Б.А., Филиппов С.А. Сейсмостойкость причальной стенки по результатам численного моделирования

Научный руководитель – доц., к-т техн. наук М.П. Саинов

71

Болдин А.А. Оценка напряжений в геомембране при перекрытии неровностей поверхности

Научный руководитель – доц., к-т техн. наук М.П. Саинов

76

Королев Д.В., Тихонов М.С. Оценка модуля деформации каменной наброски на основе анализа данных натуральных измерений деформаций плотин

Научный руководитель – доц., к-т техн. наук М.П. Саинов

82

Богатырев И.Л. Вопросы проектирования Адыгейской ГЭС на Краснодарском водохранилище

Научный руководитель – доц., к-т техн. наук М.П. Саинов

89

Курохтин А.А. Технологические решения силовых установок по обеспечению высокоэффективной работы ТЭС в условиях Крайнего Севера

Научный руководитель – доц., к-т техн. наук А.В. Денисов

95

<i>Юровский Д.А.</i> Некоторые конструктивные и объемно-планировочные решения зданий из CLT-панелей Научный руководитель – доц., к-т техн. наук С.А. Пашкевич	103
<i>Вовкогон Д.И., Павлов Е.В.</i> Альтернативная энергетика Приморского края Научный руководитель – старший преп. А.В. Алабин	109
<i>Гацман Г.А.</i> Анализ возможности применения платформы при строительстве ТЭС Научный руководитель – старший преп. А.В. Алабин	118
<i>Корольчак А.Д.</i> Обоснование параметров ГЭС в составе Багаевского гидроузла на р. Дон Научный руководитель – проф., д-р техн. наук О.А. Муравьев	125
<i>Затонских М.А.</i> Кинематика потока многослойных противоположно закрученных течений Научный руководитель – проф., д-р техн. наук Г.В. Орехов	133
<i>Якончук Д.А.</i> Контрвихревой гаситель энергии высокоскоростных потоков Научный руководитель – проф., д-р техн. наук Г.В. Орехов	140
<i>Ступивцев А.В.</i> Обследование организации стоков в озеро Байкал Научный руководитель – доц., д-р техн. наук Ю.В. Брянская	148
<i>Малинина Д.И.</i> Применение численного моделирования для определения высоты гравитационных волн Научный руководитель – проф., д-р техн. наук А.А. Комаров	153
<i>Алшахатре А.Д.</i> Оценка процесса управления рисками в иорданских строительных компаниях Научный руководитель – проф., д-р техн. наук М.Ю. Слесарев	160

Лепешова А.А. Расчет и технология возведения причальных палов для крупнотоннажных судов
Научный руководитель - доц., к-т. техн. наук Е.А. Корчагин 168

СЕКЦИЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

Алмакаева А.С. Опыт определения параметров грунта в области контакта с подземными конструкциями
Научный руководитель – доц., к-т техн. наук В.В. Сидоров 170

Морев Д.С. Вычисление осадки фундаментов промышленных зданий с учетом виброползучести грунтов основания
Научный руководитель – доц., к-т техн. наук Е.С. Соболев 179

Халитов Р.М. Современное состояние поверхностных и подземных вод Курской области
Научный руководитель – доц., к-т географ. наук И.В. Бузякова 187

Минязов Б.Р. Актуальные экологические проблемы территории Новой Земли
Научный руководитель – проф., д-р геол.-мин. наук А.А. Лаврусевич 193

Могучев А.П., Лебедева Е.С. Рациональное использование городских территорий при застройке мегаполисов
Научный руководитель – старший преп. И.Ю. Яковлева 204

Болотина Ю.О. Экологические аспекты реки Новой в результате функционирования аэропорта Пулковое
Научный руководитель – доц., к-т техн. наук В.А. Курочкина 211

Якушев А.А. Влияние сточных вод на качество воды на примере реки Межи
Научный руководитель – доц., к-т техн. наук В.А. Курочкина, преп., к-т техн. наук М.П. Кропоткин 217

<i>Кургузова Е.В.</i> Природные ресурсы и экологическое состояние Ханты-Мансийского автономного округа Научный руководитель – доц., к-т геол.-мин. наук О.К. Криночкина	223
<i>Червякова А.Д.</i> Экологические проблемы Пермского края Научный руководитель – доц., к-т геол.-мин. наук О.К. Криночкина	230
<i>Мыльников И.В.</i> Источники радиационной опасности Москвы Научный руководитель – доц., к-т геол.-мин. наук О.К. Криночкина	234
<i>Петкевич А.А.</i> Геодезический мониторинг большепролетных зданий и сооружений Научный руководитель – доц., к-т техн. наук Н.С. Рогова	240
<i>Благодатский А.А., Николаева П.О.</i> О наведённых техногенных землетрясениях в асейсмических зонах урбанизированных городских территорий Научный руководитель – доц., к-т геол.-мин. наук Э.З. Кучуков	245
<i>Зыкова С.Е.</i> Об одной из возможных причин разрушения Трансвааль-парка в Ясеневском районе г. Москвы Научный руководитель – доц., к-т геол.-мин. наук Э.З. Кучуков	251
<i>Зеленов В.В.</i> Природные ресурсы и некоторые экологические проблемы республики Чувашии Научный руководитель – доц., к-т геол.-мин. наук О.К. Криночкина	256
<i>Ермилов М.В.</i> Факторы негативного влияния на качество воды Рязанской области Научный руководитель – доц., к-т техн. наук Д.Х. Мамина	261
<i>Сорокина С.П.</i> Сравнительный анализ различных видов щелевых фундаментов Научный руководитель – доц., к-т техн. наук Н.Г. Лобачева	269

- Абалихина Н.А.* История и современный опыт строительства на многолетнемерзлых грунтах на примере города Якутска
Научный руководитель – доц., к-т техн. наук М.В. Рабинович 275
- Калтахчян А.Э.* Особенности проектирования фундаментов в условиях вечной мерзлоты
Научный руководитель – доц., к-т техн. наук М.В. Рабинович 284
- Кузин А.В.* Влияние изменения климата на состояние многолетнемерзлых грунтов
Научный руководитель – доц., к-т техн. наук М.В. Рабинович 291
- Канунников В.Р.* Намывные грунты как искусственное основание зданий в сложных климатических условиях
Научный руководитель – доц., к-т техн. наук М.В. Рабинович 296
- Мулендеева Д.А., Исмаилова Д.А.* Расчет осадок фундаментов на основе трех инженерных методов и их сравнительный анализ
Научный руководитель – доц., к-т техн. наук И.М. Юдина 301
- Спасский П.А, Мулендеева Д.А.* Сравнительный анализ инженерных методов расчета грунтовых анкеров
Научный руководитель – доц., к-т техн. наук И.М. Юдина 306
- Митин В.В.* Влияние трещиноватости скального массива и показателей жёсткости трещин на его деформационные характеристики
Научный руководитель – проф., д-р техн. наук М.Г. Зерцалов, асп. Д.А. Власов 311
- Мироненко Е.А.* Особенности строительства в условиях экстремального северного климата
Научный руководитель – доц., к-т техн. наук М.В. Рабинович 317