

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

24  
2023  
ЧАСТЬ II

16+

**24 2023**  
**ЧАСТЬ II**

16+

# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 24 (471) / 2023

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

*Главный редактор:* Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

*Редакционная коллегия:*

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)  
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук  
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук  
Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук  
Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук  
Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук  
Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)  
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)  
Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук  
Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)  
Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук  
Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук  
Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук  
Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук  
Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук  
Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук  
Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения  
Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)  
Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук  
Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук  
Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук  
Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук  
Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук  
Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук  
Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук  
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук  
Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук  
Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук  
Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук  
Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)  
Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)  
Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук  
Рахмонов Азизхон Боситхонович, доктор педагогических наук (Узбекистан)  
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук  
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук  
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук  
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)  
Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук  
Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры  
Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)  
Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук  
Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

*Международный редакционный совет:*

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)  
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)  
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)  
Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)  
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)  
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)  
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)  
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)  
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)  
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)  
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)  
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Досманбетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (Казахстан)  
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)  
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)  
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)  
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, доктор педагогических наук, и.о. профессора, декан (Узбекистан)  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)  
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)  
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)  
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)  
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)  
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)  
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)  
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)  
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)  
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)  
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)  
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)  
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)  
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

---

---

На обложке изображен персонаж фильмов Ильи Хржановского «ДАУ. Теория струн» и «ДАУ. Никита Таня» *Никита Некрасов*.

Герой этих фильмов, ученый Никита Некрасов — физик-теоретик, изучающий наш мир и миры, которые могли бы быть. Он отказывается делать выбор между математикой и физикой, между одной женщиной и другой и размышляет о сосуществовании параллельных вселенных. На научных конференциях, которые посещают как именитые зарубежные ученые, так и подрастающее поколение юных физиков, Некрасов увлеченно рассуждает о красоте теории струн. Всем своим женщинам — библиотекарше Кате, ученому секретарю Зое, начальнику отдела Светлане — он пытается объяснить теорию собственной полигамии и возможность большого чувства, которого хватит на всех.

Второй фильм про Никиту Некрасова «ДАУ. Никита Таня» еще глубже затрагивает личную жизнь героя. К ученому Никите Некрасову в закрытый Институт физических проблем приезжают его жена и маленькие дети. Пока семьи не было рядом, физик успел влюбиться в других женщин. В откровенных беседах со своей супругой — в спальне, в столовой, на прогулке — он пытается убедить ее в легитимности полигамных отношений и проверить границы ее безусловной любви.

Ученого Никиту Некрасова в этих фильмах играет Никита Александрович Некрасов (1973) — российский учёный, специалист по теоретической и математической

физике, профессор Саймонсовского центра геометрии и физики в университете Стоуни-Брук, штат Нью-Йорк, США. Профессор Российской академии наук.

Нельзя с уверенностью сказать, что ученый играет самого себя. Однако так сложилось, что почти все герои в фильмах Ильи Хржановского носят те же имена, что и те, кто их играет. Тем более что в чем-то они даже похожи.

Никита Александрович Некрасов известен своими работами по квантовой теории поля, по теории струн и по математической физике. За открытие некоммуникативных инстантонов (совместно с А. С. Шварцем в 1998 г.), некоммуникативных монополей и струн (совместно с Д. Гроссом) и за работы о связи систем многих частиц и калибровочных теорий Некрасов (совместно с А. Горским) был награжден в 2004 году премией Жака Эрбрана Французской академии наук. За вклад в теорию топологических струн и калибровочных теорий в том же году он был награжден премией Германа Вейля.

В 2008 году совместно с Д. Мауликом, А. Окуньковым и Р. Пандхарипанде сформулировал ряд важных гипотез, связывающих теорию Громова — Виттена и теорию Дональдсона — Томаса, за которые все четыре автора были удостоены премии Compositio Prize в 2009 году. С тех пор некоторые из этих гипотез были доказаны.

*Информацию собрала ответственный редактор  
Екатерина Осянина*

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

#### **Артеменко Л. А.**

Повышение эффективности зданий и сооружений на основе энергосберегающих технологий..... 75

#### **Ахмади Н.**

Особенности реновации исторических районов на примере района Чар-Кала, Кабул..... 79

#### **Габбасова К. Р., Иванова А. А.**

Умный дом — разумный? ..... 82

#### **Калюжный Д. В., Джашеев Р. Ю.**

Влияние учета податливости узлов аутригеров на напряженно-деформированное состояние элементов стальных конструкций высотных зданий..... 85

#### **Канаева Е. А., Худяков А. В.**

Воздействие различных видов кислот на железобетонные конструкции..... 94

#### **Мельниченко В. Г., Ильичев В. А.**

Современные проблемы проектирования каркасных промышленных зданий..... 97

#### **Хорев А. В., Жамбакина З. М.**

Перспективы развития сталежелезобетонных конструкций в высотном строительстве в Республике Казахстан..... 99

#### **Черепанов В. Е.**

Разработка технических решений создания поселка городского типа на арктическом побережье (сравнение вариантов наплавного и традиционного)..... 101

#### **Чертихин Д. И.**

Состояние проблемы изученности особенностей разрушения морского льда при воздействии на морские сооружения ..... 107

### МЕДИЦИНА

#### **Альмухаметова Д. Р.**

В12-дефицитная анемия: общая характеристика, профилактика, лечение ..... 112

#### **Ахмадиева А. А., Балашова Е. П., Золотцев А. А., Фролова В. С.**

Роль микроглиальной аутофагии при болезни Паркинсона..... 119

#### **Ахмадиева А. А., Балашова Е. П., Золотцев А. А., Фролова В. С.**

Значение витамина D и его статус при болезни Паркинсона..... 123

#### **Конова Д. А.**

Судебно-медицинский анализ детского несмертельного дорожно-транспортного травматизма в Краснодаре за 2021 год..... 129

### ЭКОЛОГИЯ

#### **Phung Khanh Chuyen**

Potential factors affect the use of urban green spaces in Danang city ..... 132

### КУЛЬТУРОЛОГИЯ

#### **Цыбулько Д. С.**

Особенности китайских похоронных традиций 139

### ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ

#### **Андриенко М. А.**

Анализ композиторских и исполнительских средств воплощения образа Лориса..... 142

#### **Андриенко М. А.**

Исполнительские особенности трактовки партии Лориса в воплощении Джузеппе ди Стефано .. 144





# АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

## Повышение эффективности зданий и сооружений на основе энергосберегающих технологий

Артеменко Леонид Антонович, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*Повышение энергоэффективности зданий и сооружений является одним из самых важных аспектов в процессе строительства. Анализ способов повышения энергоэффективности позволяет найти пути ускорения строительства за счет сокращения сроков и ресурсов.*

*В статье будет рассмотрено несколько аспектов влияния ресурсозатрат на ход и сроки строительства, а также способы повышения эффективности строительства.*

**Ключевые слова:** энергоэффективность, строительство, технологии, ресурсы.

Целью данной статьи является анализ, систематизация и качественная оценка применения конкретных решений в области формирования энергоэффективного технологического процесса при возведении здания и сооружений. В данной статье следует не только оценить наиболее эффективные методы формирования энергоэффективности, но и произвести количественную оценку тех или иных решений. В завершении данной статьи следует сделать вывод о наиболее перспективных решениях, показатели которых будут наиболее высокими, с точки зрения соотношения экономической составляющей к трудоемкости и сложности применения.

Строительство, как отрасль производственной деятельности является наиболее сложной, энергетически затратной и специфичной деятельности человечества. На

протяжении веков те или иные технологические процессы модернизировались, улучшались, формировались новые, детально продуманные технологии. Так как строительное производство является одним из наиболее сложных, в процессе проведения осуществляется большое потребление различного рода ресурсов. К таким ресурсам относят материально-технические ресурсы, эксплуатационные, энергетические ресурсы, трудовые и интеллектуальные.

По данным исследований, проведенных экономическим агентством «Промстройинформ», доля энергетических затрат на строительство зданий и сооружений возрастает с каждым годом. Ниже, на рисунках приведены графики роста затрат, различного рода ресурсов строительного производства, за последние 8 лет.





Таким образом, возникает острая необходимость в формировании особых технологических решений проведения ремонтно-строительных работ в области энергоэффективности.

Рассмотрим отдельные решения в области энергосбережения на период производства строительно-монтажных работ.

1. Энергоэффективный электропрогрев бетона в зимний период года.

Метод термоса. Суть метода заключается в сохра-

нении и использовании теплоты бетонной смеси, а также теплоты химической реакции гидратации цемента. Для сохранения температурного режима применяют утепленную опалубку, с использованием энергоэффективных утеплителей. Также, в бетонную смесь добавляют противоморозные добавки.

Метод прогрева бетона. Суть данного метода заключается не только в формировании энергоэффективного теплового контура вокруг конструкции, но и применении греющих кабелей в системе в виде электродов.

Таблица 1. Анализ вариантов бетонирования в зимний период

№	Наименование метода	Ресурсные затраты		Трудозатраты на монтаж, чел.см/м³	Стоимость монтажных работ, руб/м³	Общая стоимость, руб/м³
		На эл. энергию, р/м³	Стоимость материалов и изделий, р/м³			
1	Метод термоса	Прогрев не осуществляется	Опалубка — 19800 Добавки — 4800	7,4	2139	26739
2	Метод электродного прогрева бетона	59,7	Опалубка — 19800 Кабель — 2480	19,5	5636	27916
2	Использование термоактивной опалубки	38,4	Опалубка — 21443	7,9	2283	23726



Таким образом, можно сделать вывод о эффективности использования метода термоактивной опалубки как наиболее энергоэффективной, также, значимым плюсом данной опалубки является простота монтажа и устройства, что при использовании в больших объемах дополнительно сказывается на сроках строительства.

2. Использование энергоэффективных источников тепла для временных зданий и сооружений.

Для обогрева бытовых помещений применяются источники тепла на электрической энергии. Чаще всего,

на строительных площадках применяют электрические тепловентиляторы, конвекторы и инфракрасные обогреватели. Данные приборы обогрева имеют очень низкий коэффициент полезного действия (далее КПД). Суть данных приборов заключается в постоянной отдаче электрической энергии на высоких нагрузках, тем самым электрическая энергия расходуется в постоянном режиме, вне зависимости от температуры воздуха помещений.



Рис. 1. Сравнение потребной мощности конвекторов и инвертеров

Таким образом, можно сделать вывод о рациональности применения инвертерных конвекторов при обогреве инвентарных зданий и сооружений даже с учетом их первоначальной покупки. В ходе долгого срока использования, данные конвекторы будут показывать еще более лучший КПД, за счет естественного удорожания тарифов и долгого срока эксплуатации. Решения энергоэффективности включают замену стандартных конвекторов на инвертерные, что позволяет обеспечивать должную температуру и микроклимат помещений в комплексе с наименьшими затратами электрической энергии.

3. Использование для наружного освещения светодиодные энергосберегающие лампы

Так как строительство зданий и сооружений зачастую ведется в 2 смены, в темное время суток требуется формирование должного уровня освещенности рабочих мест на строительной площадке. Обычно, для освещения использовались устаревшие прожектора, с лампами накаливания высокой мощности. Данные прожектора являются чрезвычайно потребными с точки зрения электротрат.

Таблица 2. Сравнение 3 вариантов осветительных приборов

Наименование прибора	Цена прибора, руб	Тип прожектора	Срок использования, дн	Мощность кВт	Кол-во часов в смену	Световой поток, Лм	Тариф, р/(кВт/ч)	Стоимость эл. энергии, р	Стоимость общая, р
Ho-500 E-40 220V	3800	Накаливания	365	0,5	5	1900	4,5	4107	7907
ARIZONA 30 IP66	7426	Светодиодный	365	0,03	5	3000	4,5	247	7673
FL 30 IP66	6988	Светодиодный	365	0,03	5	2400	4,5	247	7235

Выгода при использовании светодиодных энергосберегающих, энергоэффективных современных осветительных приборов заключается не только в минимизации затрат электроэнергии, но также в формировании более яркого светового пучка, что позволяет использовать на 10 % меньшее количество прожекторов на строительной

площадке, что также оказывает благоприятный экономический эффект.

4. Использование усовершенствованных энергоэффективных трансформаторов на строительной площадке

Наиболее нагруженным электрическим прибором, пропускаемым весь поток электрической энергии для

нужд строительства является строительный трансформатор. Суть данного прибора — трансформация, выпрямление, улучшение и передача электрической энергии до потребителей на площадке строительства. Энергоэффективность трансформаторных подстанций подразумевает основной показатель КПД, сформированный конструкцией агрегата, его электрическими цепям и сопротивлением данных электрических цепей, на которых происходит потеря электрической энергии.

5. Использование солнечных панелей в составе инвентарных зданий и сооружений.

Данный вид энергоэффективных решений является инновационным. Солнечные батареи и панели с каждым годом становятся более актуальными и популярными. Связано это, прежде всего с улучшением показателя доступности данного решения. Стоимость солнечных панелей снижается из года в год.

6. Использование датчиков протечки и учета расхода воды на строительной площадке

В ходе организации бытовой и производственной деятельности на строительной площадке производится подключение к существующим линиям водоснабжения микрорайона или населенного пункта. От прокладываемых сетей и их конструктивного состава зависит общий расход водных ресурсов для обслуживания строительной площадки. Так как строительное производство является механизированным и сложным процессом в ходе работ зачастую возникают порывы и повреждения сетей водоснабжения, пробои и свищи, в следствии чего происходит

потеря водных ресурсов до момента обнаружения и отключения. В следствии данной задержки происходят значительные потери водных ресурсов.

Эти и еще многие способы сокращения трудозатрат и повышения энергоэффективности строительства помогают возводить здания и сооружения в более короткий период.

В настоящее время, разработки в области строительства и применения энергоэффективных технологий являются не только теоретическими выкладками, гипотезами и предположениями, но и находят свое практическое применение. Данный сектор строительства является наиболее перспективным, в свете ужесточения общемировых и государственных требований экологичности. Концепция минимизации ресурсозатрат все больше находит своего потребителя. Строительство, как любой производственный процесс главным образом ориентирована на экономическую составляющую, стоимость энергоресурсов с каждым годом возрастает, тем самым уменьшая маржинальность производства, либо возлагая дополнительные издержки на конечного потребителя. Безусловно, данные решения энергетической эффективности все еще находятся в зачатке, строительный кластер достаточно осторожно внедряет в свое производство те или иные решения. Связано это, прежде всего, с большими материальными затратами на покупку, монтаж и отладку энергоэффективных технологий на «старте», что создает значительные сроки окупаемости и приводит к отказу от данных решений в пользу стандартных.

#### Литература:

1. Абакаров, А. Ш., Сушков Ю. А. Программная система поддержки принятия решений «MPRIORITY 1.0» [Электронный ресурс] // Сайт «Программные системы поддержки принятия оптимальных решений». <http://tomakechoice.com/paper/mpriority.pdf>, (дата обращения: 01.03.2023).
2. Блази, В. Справочник проектировщика. Строительная физика. — М.: «Техносфера», 2005. — 536 с. <https://djvu.online/file/xksc4K3IoKDzp>, (дата обращения: 04.03.2023).
3. Горшенина, О. В. Новая философия: малоэтажная Россия [Электронный ресурс] // Журнал «Бюджет», май 2021 г. <http://bujet.ru/article/77711.php>, (дата обращения: 14.03.2023).
4. Дом мечты. Спецвыпуск. [Электронный ресурс] // Журнал «Деловой квадрат». 2011. № 8.: <http://www.d-kvadrat.ru/dk/info/15591.html>, (дата обращения: 15.03.2023).
5. Зильберов, Р. Д. Разработка предложений по повышению энергоэффективности многоквартирных жилых домов массовой застройки [Электронный ресурс] / Р. Д. Зильберов, И. Ю. Зильберова, К. С. Петров // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2012. — № 4 <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4ply2012> (дата обращения: 17.03.2023).
6. Зильберов, Р. Д. Общие принципы существующих стратегий реконструкции жилищного фонда, построенного по проектам первых массовых серий [Электронный ресурс] / Р. Д. Зильберов, И. Ю. Зильберова

## Особенности реновации исторических районов на примере района Чар-Кала, Кабул

Ахмади Наматула, студент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В настоящее время человечество постоянно прогрессирует — технологии развиваются, а искусство приобретает новый вид. Люди путешествуют по различным странам, изучают культуру и архитектуру, открывают для себя что-то новое. На сегодняшний день в Кабуле существует множество исторических районов, которые сформировались в течение многих лет, и в них располагаются различные здания, построенные с использованием старых методов и традиций. Существующие постройки, возводившиеся не менее 100 лет назад, плохо приспособлены к эксплуатации в современных условиях. Меняется отношение к таким зданиям и особенности их использования. Для того чтобы поддерживать интерес народа к историческому и культурному центру, необходимо постоянно развивать этот район и проводить реновацию территорий. Именно поэтому данная проблема очень актуальна в наше время. Ведь современный город требует постоянного обновления и приспособления инфраструктуры и застройки к меняющимся запросам и представлениям о комфортной среде проживания, а также разработки рекомендаций и требований к реновации исторических районов.

В 90-х годах прошлого столетия в городах Афганистана проживало в среднем около 24 тыс. человек, однако это число быстро меняется. За последние 20 лет оно регулярно возрастало на 10 % в год. Однако из-за того, что Кабул ограничивается горой Гиндукуш, его расширение постепенно прекращается, и возникает острая необходимость в обеспечении населения современным жильем и комфортной городской средой. В Кабуле всегда были проблемы с нехваткой жилья и элементов городского благоустройства, таких как парки и скверы. Недостаточная инфраструктура, отсутствие водо-, тепло-, электроснабжения и канализации до сих пор остаются острыми проблемами города, из-за которых он нуждается в реконструкции и реновации.

Кабул — столица Афганистана, а также самый большой город в стране по численности населения. Район Чар-Кала расположен в западной части города и является одним из самых больших и густонаселенных. Чар-Кала находится на пересечении двух главных улиц Кабула — бульвара Дар-уль-Амана и проспекта Файз Мохаммад Катеб (рис. 1).

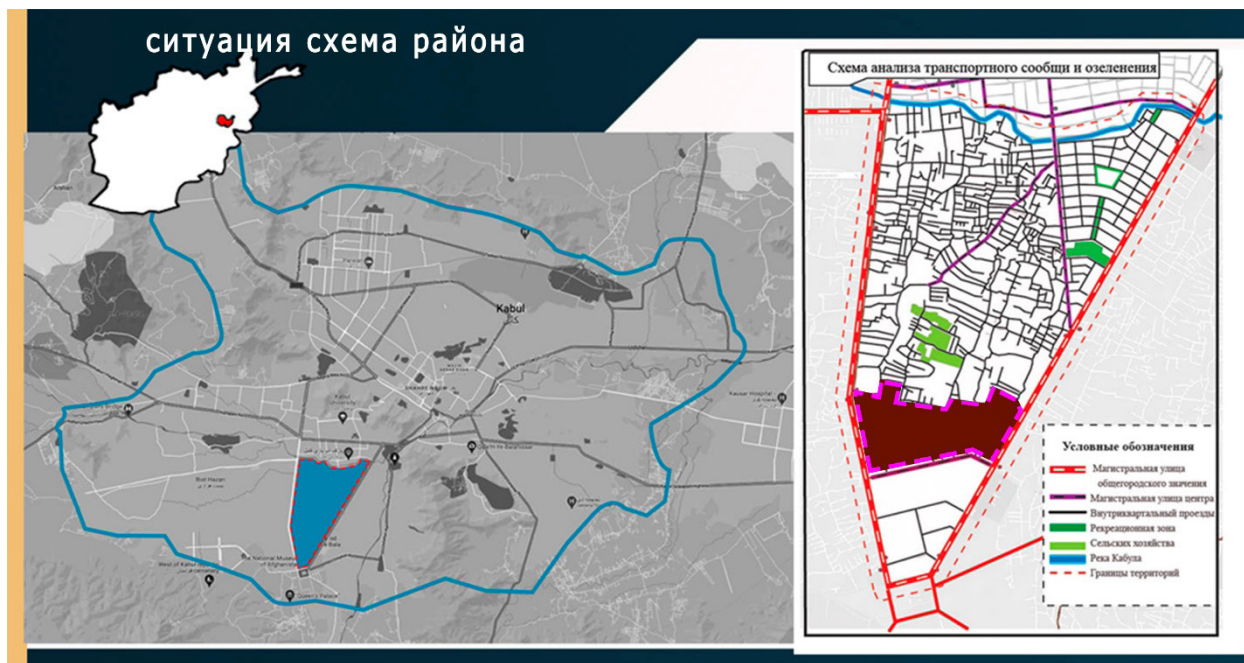


Рис. 1. Ситуационная схема территории

Проблемы данной территории заключаются в том, что большинство зданий и сооружений построены неформально, то есть без какого-либо государственного контроля. Дома в этом районе построены около 100 лет назад в основном из глины в тимуровской стилистике, находятся они в плачевном состоянии и нуждаются в реновации. Некоторые здания имеют вид трущоб и подлежат сносу.

Узкие дороги не позволяют скорой помощи и другому социальному транспорту вовремя добраться до пункта назначения. Отсутствует озеленение, общественные центры, парки, парковки, общая канализация и водоснабжение.

Афганистан в 2014 г. начал реализовывать в Кабуле масштабные проекты. Один из них — Дар-уль-Аманский государственный административный комплекс, который



находится на юго-западе города, рядом с районом Чар-Кала, на территории в 100 га. В его состав входят 27 госу-

дарственных офисов, строительство будут реализовывать в два этапа (рис. 2).



Рис. 2. Дар-уль-Аманский государственный административный комплекс

Под руководством президента Ашрафа Гани и Министерства городского развития и жилищного строительства Афганистана бульвары Дар-уль-Аман и Масуд задуманы как акценты на то, что возможно сделать в Кабуле, и являются символами городского и социального возрождения.

Являясь частью надежной сети скоростного автобусного транспорта, эти бульвары будут играть решающую роль в обеспечении инфраструктуры города, одновременно координируя новые возможности развития с городской мобильностью XXI века. План района Дар-уль-Аман был разработан для Кабула совместно с общегородскими проектами. Вместе они образуют новое видение системы города и дорожной сети для превращения Ка-

була в эталон устойчивого, равноправного и жизнестойкого развития, охватывающий целый ряд направлений, которые формируют облик Кабула сегодня: инфраструктура, жилье, мобильность и устойчивость.

Бульвар Дар-уль-Аман станет гражданским центром, символизирующим как историю, так и будущее Кабула. Он построен вдоль таких объектов, как дворец Дар-уль-Аман и сады Великих Моголов Баг-э-Бабура и демонстрирует высокую гражданскую ориентированность. В то же время он рассчитан на будущее, в котором застройка и новые открытые пространства восстановят величие и перспективы, изначально заложенные в этой части Южного Кабула (рис. 3).



Рис. 3. Проект бульвара Дар-уль-Аман

Застроенная территория вдоль бульвара Дар-уль-Аман помогла создать три отдельные функциональные зоны, которые, находясь в государственной собственности, обеспечивают социальное жилье и улучшенную инфраструктуру для неблагополучных кварталов за пределами бульвара.

Местоположение района Чар-Кала, который ограничивается с разных сторон бульваром Дар-уль-Аман, проспектом Файх Мохаммад Катеб, и расположен недалеко от дворца Дар-уль-Амана с комплексом государственных офисов, дает территории высокий экономической и социальный потенциал (рис. 4).

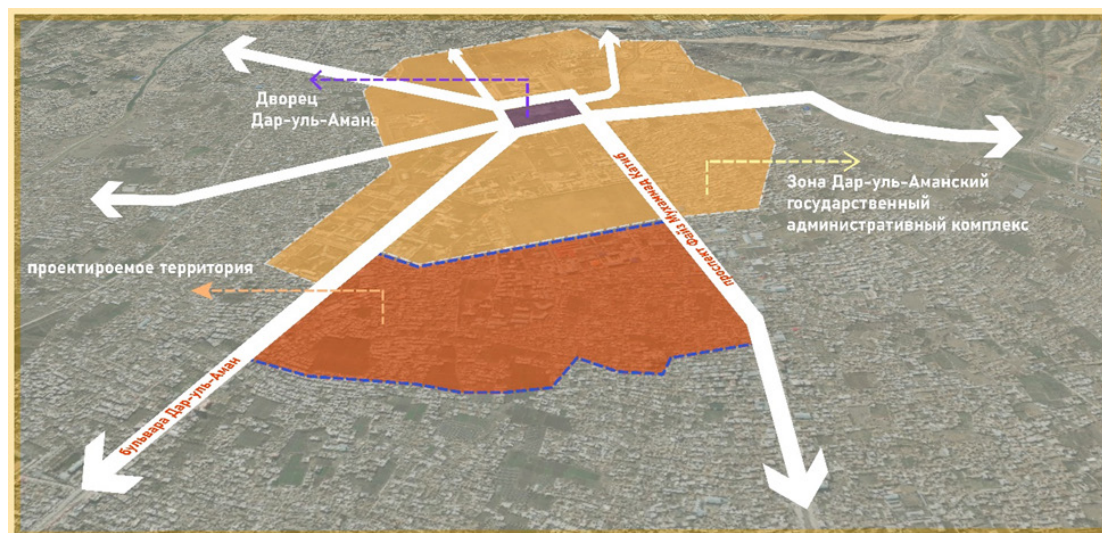


Рис. 4. Ситуационная схема проектируемой территории

Для создания проекта реновации района Чар-Кала проведен градостроительный анализ и оценка возможностей реконструкции района. Цель таких исследований — разработка новой планировочной структуры и реновации исторических зданий для улучшения городской среды и обеспечения устойчивого развития территорий, отвечающего функциональным потребностям, для формирования благоприятной среды жизнедеятельности людей.

Реконструкция включает в себя три взаимосвязанных аспекта: упорядочивание городской территории, модернизацию застройки, охрану и реставрацию памятников истории и культуры.

Будут проведены три вида реконструкционных мероприятий: полное преобразование территории, включающее снос ветхих сооружений, сохранение структуры планировки с ремонтом фасадов зданий и полное сохранение исторических территорий с постройками.

В результате реконструкции планировка и застройка территории района будет удовлетворять требованиям рациональной комплексной организации жилых районов, производственных зон, сети общественных и культурных учреждений, предприятий бытового обслуживания, транспортного и пешеходного движения, озеленения парков и скверов, что позволит обеспечить наилучшие условия проживания населения (рис. 5).

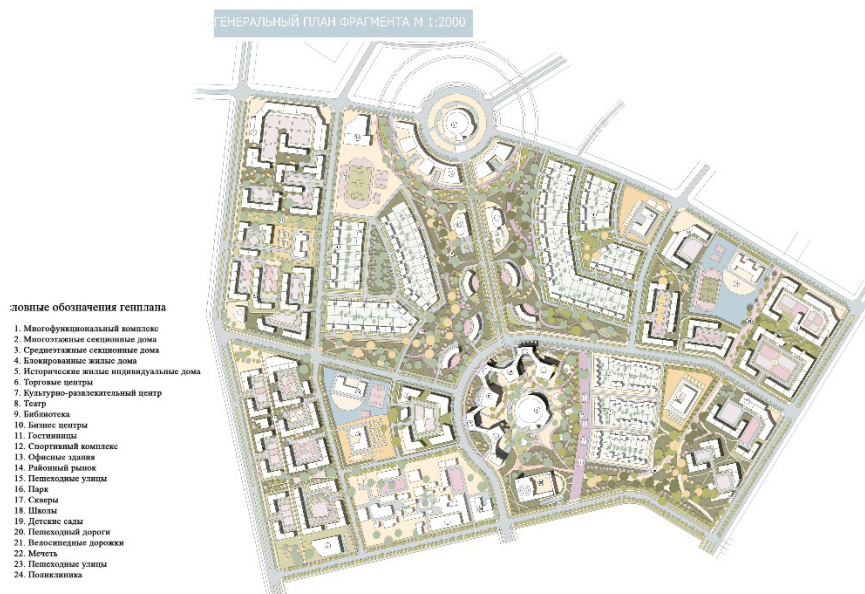


Рис. 5. Генеральный план района Чар-Кала



На территории проектирования после реновации появился общественный центр, где размещены многофункциональный комплекс, торговый центр, бизнес-центр и мечеть. Улица, которая отделяет сохраняющиеся исторические здания от современного общественного центра, будет пешеходной. Вдоль двух главных улиц будут жилые кварталы с многоэтажной застройкой, застройкой средней этажности и малоэтажной застройкой с блокированными домами. Вдоль дороги, которая будет соединять общественный центр с другими районами, будет парк и открытое пространство с различными спортивными площадками и пешеходными и велосипедными дорожками, которые протянутся по всей территории.

#### Выводы

В данной работе целью являлось изучение создания комфортных условий проживания населения в Кабуле. Это достигается путем проведения мероприятий по устра-

нению всех конфликтных ситуаций и преобразованию их в благоприятные.

Было проведено общее обследование жилой застройки, суть которого заключалась в сборе исходной информации о жилой застройке посредством проведения натурных изысканий.

Важным этапом является изучение современного состояния жилой застройки с точки зрения ее соответствия современным требованиям или необходимости ее замены с учетом требований градостроительных и санитарных норм. Учитывалось также то, что помимо жилого фонда, в застройке находится значительное количество различных учреждений, объектов культурно-бытового обслуживания, транспортных сооружений, элементов озеленения и благоустройства.

После этого был предложен перечень идей по возможной планировочной организации района и его реконструкции, составлена схема проектных предложений, на которой показаны все решения.

#### Литература:

1. Миловидов, М. М., Осин В. А., Шумилов М. С. Реконструкция жилой застройки: учебное пособие для вузов. — М: Высшая школа, 1980. — 240 с.; ил.
2. Шепелев, М. П., Шумилов М. С. Реконструкция городской застройки: уч.: для строит. специальностей вузов. — М.: Высшая школа, 2000. — 271 с.; ил.
3. ДБН 360-92. Градостроительство. Планирование и застройка городских и сельских поселений. — К.: Мининвест Украины, 1993. — 70 с.
4. Клиорина, Г. И., Осин В. А., Шумилов М. С. Инженерная подготовка городских территорий: уч. для студ. вузов по спец. «Городское строительство» / под. ред. В. А. Осина. — М.: Высшая школа, 1984. — 271 с.; ил.
5. Саньков, П. Н., Кащенко Е. П., Озеленение городских и рекреационных территорий: учебное пособие. — Днепрпетровск: ПГАСА, 2000. — 117 с.; ил.

## Умный дом — разумный?

Габбасова Карина Руслановна, студент;

Иванова Арина Александровна, студент

Научный руководитель: Шкотова Ольга Владимировна, доцент

Волгоградский государственный технический университет

**В**наши дни одним из самых востребованных и современных стилей является хай-тек. И это не удивительно, ведь его высоко технологичность, функциональность и, на первый взгляд, легкость в некотором роде стали символом достатка. Он основан на популярности фантастического кино и литературы и, конечно же, на появлении ультрасовременных девайсов.

По названию этого стиля можно понять его суть. High tech (от англ. high technology) — высокие технологии. Для того, чтобы выполнить интерьер в стиле хай-тек, дизайнеры используют самые передовые и необычные приемы и решения. Зародился он 70-х годах прошлого столетия и с годами набирал все большую популярность.

Одним из первых важных осуществленных сооружений в стиле хай-тек принято считать Центр Помпиду в Париже, построенный Роджерсом и Пиаоно. Поначалу проект был принят в штыки.

Постройка представляет собой стеклянный параллелепипед с длиной 166м, длиной 60 м и высотой 42 м. Все технические и несущие конструкции были вынесены наружу, что позволило увеличить площадь внутри здания. Несущие конструкции были выкрашены в белый цвет, вентиляционные трубы — синим, водопроводные — зеленым, электропроводка — желтым, а эскалаторы и лифты — красным.





Рис. 1. Центр Помпиду в Париже

По-настоящему интернациональным стиль стал в 1978/79 гг., благодаря публикации книги «Хай-тек». Именно в это время американские дизайнеры стали по-немногу включать в свои интерьеры промышленные элементы: металлические полы, лестницы, мебель и аксессуары из нержавеющей стали, не спрятанные воздуховоды, металлические плафоны для освещения цехов, шкафчики для раздевалок и многое другое.

Особенности стиля заключаются в его рациональности, функциональности, отсутствии декора, четкой геометрии, которые поддерживаются металлическими конструкциями.

В любом здании важна гармония экстерьера и интерьера. В интерьерах хай-тек используется простая и лаконичная цветовая схема: белый, черный, серый, цвет хрома и серебра, с яркими акцентами: красный, зеленый, бутылочное стекло, реже пастельные тона. Для такой минималистичной палитры больше важна текстура. К при-

меру, блестящий черный ламинат и матовая черная резина разительно отличаются друг от друга. Используется игра света и контрастов. Все материалы и их декоративные качества легко узнаваемые. Стены обычно окрашены в светлые цвета: белый, светло-серый, бежевый, кремовый или пастельный. В отделке часто используются натуральные материалы — камень или дерево, что сочетается с отражающими поверхностями. Пол чаще всего глянцевый, отражающий свет, что делает помещение просторным. Покрытие полов керамическое, наливное или же каменное.

Мебель выполняют с использованием стекла, металла, натуральной или эко кожи. Она простая, функциональная и легкая в конструкции. В интерьере мебели используется мало, но к выбору ее конструкции подходят избирательно: важна мобильность — кофейные столики на колесиках, диваны-трансформеры. Часто используют стеклянные или же металлические шкафы-стеллажи.



Рис. 2. Стул «Один» от Magis



Рис. 3. Диван «Барселона»



Рис. 4. Гостиная в стиле хай-тек



Рис. 5. стиль хай-тек в интерьере

Неотъемлемой частью стиля хай-тек является система «умный дом». Она обеспечивает безопасность, ресурсосбережение и комфорт в здании для всех пользователей. Система умеет распознавать конкретные ситуации и соответствующим образом на них реагировать, так как почти каждая часть дома связана друг с другом общей сетью. «Умный дом» подразумевает слаженную работу всех систем: одна система может управлять поведением других по заранее выработанным алгоритмам.

Примером может служить система отопления, которая никогда не будет работать против системы кондиционирования, а смена температуры будет зависеть не только от погоды, но и от силы ветра и смены дня и ночи. Домашняя печь может работать в заданное владельцем время, или шторы на окнах могут оставаться закрытыми, пока никого нет дома.

С «умным домом» связывают системы управления и связи, отопления, вентиляции и кондиционирования, освещения, электропитания здания, безопасности и мониторинга.

«Умный дом» ориентируется на различные потребности человека, реагируя на его образ жизни, создавая предпочтительные настройки и функции до того, как пользователю придется их запрашивать.

Инновации в области домашней безопасности, «умных» приборов и термостатов, домашней робототехники, «умного» освещения и высокоскоростного подключения дают возможность контролировать устройства

и управлять ими из любого места по беспроводной сети через смартфон.

Чаще всего устройства подключены друг к другу и к Интернету, что дает им больше информации для обработки данных и обеспечивает качественную работу всех систем. При наличии «умного дома» исключается необходимость использования нескольких пультов, выключателей или отдельными системами отопления и вентиляции.

Так, например, одним из примеров интеллектуального освещения является Holi SleepCompanion. Эта специализированная умная лампа предназначена для естественного пробуждения с помощью специально настроенного синего оттенка, который снижает уровень мелатонина в вашем организме, что приравнивается к естественному пробуждению.

Ведущей компанией с большим выбором «умной» техники является LG. Например, их электрическая плита LG Smart ThinQ с одной духовкой и инфракрасным грилем. Благодаря специальному приложению-компаньону для вашего смартфона, эта печь может программироваться и управляться из любой точки мира. Это делает обычную готовку намного быстрее и удобнее.

Также холодильник от LG Smart InstaView дисплей устройства имеет размеры 29 диагоналей. На него можно не только выводить список товаров, но и оставлять записки для членов семьи, просматривать прогноз погоды. Система холодильника обладает функцией распознавания голоса, что облегчает процесс ввода информации

в устройство. Для возможности контролировать внутреннее содержимое холодильника в него встроена камера, снимающая полки с разных ракурсов, а полученные фотографии направляются владельцу на телефон.

Предлагая своим пользователям ощущение безопасности и контроля над ситуацией, «Умный дом» продолжает завоевывать сердца искателей изысканного ремонта. Однако нельзя не упомянуть некоторые недостатки этого новшества. Высокая стоимость внедрения и дальнейшей эксплуатации, хлопоты в сборке и поиске деталей при поломке, а также потребность в непрерывном источнике пи-

тания являются причинами медленного распространения системы «Умный дом» среди населения.

Начиная с конца 20 века по сей день стиль Хай-тек продолжает развиваться и в настоящее время становится и интерьерным стилем. Его выбирают люди, которые ищут простые, но стильные решения, наполняющие интерьер светом и свободой от цветовых излишеств. Взяв во внимание технологичность этого стиля, можно с полной уверенностью сказать, что этот стиль будет развиваться в дальнейшем, прийдя еще к более интересным решениям.

## Влияние учета податливости узлов аутригеров на напряженно-деформированное состояние элементов стальных конструкций высотных зданий

Калюжный Денис Вадимович, студент магистратуры;

Джашеев Ридван Юсуфович, студент магистратуры

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*В данной статье выполнен краткий обзор отечественных и зарубежных исследований, посвященных методам определения податливости узлов стальных конструкций, методикам расчета конструкций с учетом податливости узлов, способам моделирования узлов с учетом податливости. Целью будущего исследования является анализ изменений напряженно-деформированного состояния элементов конструкций высотного здания при учете податливости узлов аутригера. Моделирование и расчет конструкций будет производиться в программном комплексе ETABS и IDEA StatiCa. Результатом работы будет оценка влияния учета угловой податливости в узлах аутригерных конструкций при расчете высотных зданий на показатели напряженно-деформированного состояния элементов конструкций здания.*

**Ключевые слова:** податливость узлов, узлы аутригерных конструкций, высотные здания, НДС узлов, полужесткие соединения.

На работу узлов металлических конструкций влияют множество факторов. Учет некоторых из них является трудоемкой задачей при проектировании. Среди таких факторов можно выделить податливость узлов, учет которой влияет на расчетные значения напряжений и деформаций элементов конструкции в целом.

Податливостью узла конструкции называется его способность приобретать угловые перемещения в результате деформативности элементов. Таким образом, жесткие соединения не являются абсолютно жесткими, так как воспринимают изгибающие моменты не в полной мере, а шарнирные в свою очередь воспринимают некоторую величину изгибающего момента.

Определение податливости узла, а также учет ее при выполнении расчета напряжений и деформаций элементов конструкции является трудоемкой задачей, однако в настоящее время существуют расчетные комплексы, которые значительно упрощают этот процесс. Это способствует получению более точной картины работы конструкции с меньшими трудозатратами.

Известно много исследований в данном направлении [1–20]. Прокомментируем некоторые из них.

В 1990 г. Колмогоровым Юрием Ивановичем был разработан экспериментально-теоретический метод определения податливости узлов для уточнения расчетных схем рам эксплуатируемых промзданий [1].

При помощи тензодатчиков нагружали опорную раму транспортной галереи и регистрировали изменения напряжений, а после разгрузки выполнялся контроль остаточных деформаций. Нагружали в несколько ступеней. Величина предварительной ступени достигала 2 кН, после чего сразу следовало измерение сопротивления тензодатчиками и отчет по измерительным приборам в таком состоянии принимался за условный ноль. Далее производили ступенчатое нагружение, на каждой ступени регистрировали изменения напряжений. Нагрузку увеличивали до тех пор, пока ее величина не достигала 28 кН. При такой нагрузке по расчету (без учета податливости) напряжения в наиболее нагруженных сечениях не должны превышать 30 МПа. Далее следовал очередной тест, в котором пробная нагрузка достигала своей предельной величины за 1 ступень.

По результатам тестовых испытаний были определены значения изгибающих моментов. Определение фактиче-

ских характеристик податливости узлов опорной рамы транспортной галереи производилось по расчетным зависимостям, приведенным в тексте диссертации. Изгибающие моменты в верхнем и нижнем узлах стоек рамы были получены путем интерполяции и экстраполяции.

При сопоставлении значений изгибающих моментов, полученных при расчете без учета податливости и с учетом выявленной из тестовых испытаний податливости узлов обнаружена существенная разница расчетных усилий. В узлах сопряжения ригеля и стоек изгибающие моменты уменьшились в 1,73–1,89 раза от действия горизонтальной нагрузки. При действии распределенной по ригелю нагрузки изгибающие моменты в правом верхнем узле уменьшились на 4,3 %, а в левом увеличились на 1,1 %.

В 2014г в Приволжском научном журнале была опубликована статья, в которой проанализированы результаты численных и экспериментальных исследований стальных ферм из гнутых тонкостенных профилей на самонарезающих винтах и предложен алгоритм методики расчета таких конструкций с учетом податливости узловых соединений [2]. Авторы статьи: Лапшин, Морозов, Колесов.

В данном исследовании рассматривались фермы пролетами 3 и 6 м. Предварительно фермы были рассчитаны без учета податливости двумя способами:

- 1) линейный расчет по стержневой схеме;

- 2) нелинейный статический расчет с применением пластинчатых или объемных конечных элементов, при этом элементы фермы в узлах жестко соединены друг с другом (то есть без учета податливости).

Для учета податливости в расчетном комплексе «SCAD» был использован конечный элемент № 55, который предназначен для учета податливости материала между смежными узлами. Характеристиками упругой связи служат 6 коэффициентов упругости по трем осям, 3 — линейной упругости и 3 — угловой. Коэффициентом линейной упругости является отношение усилия к соответствующему ему перемещению.

Жесткость узловых соединений была установлена по результатам испытаний их полномасштабных соединений. Сечения элементов, метизы и их расположение были такие же, как в реальной конструкции. Для пролета 3м упругая стадия работы продолжалась до нагрузки 4 кН, для пролета 6м — 8 кН.

Для сравнения прогибов ферм были использованы результаты опытных исследований ферм пролетами 3 и 6 м, проведенных в 2013г в ННГАСУ [3].

По результатам испытаний и численных расчетов составлены сводные графики прогибов ферм пролетами 3 и 6м (рисунок 1 и 2). Из графиков видно, что результат расчета с учетом податливости дает лучшую сходимость с опытом.

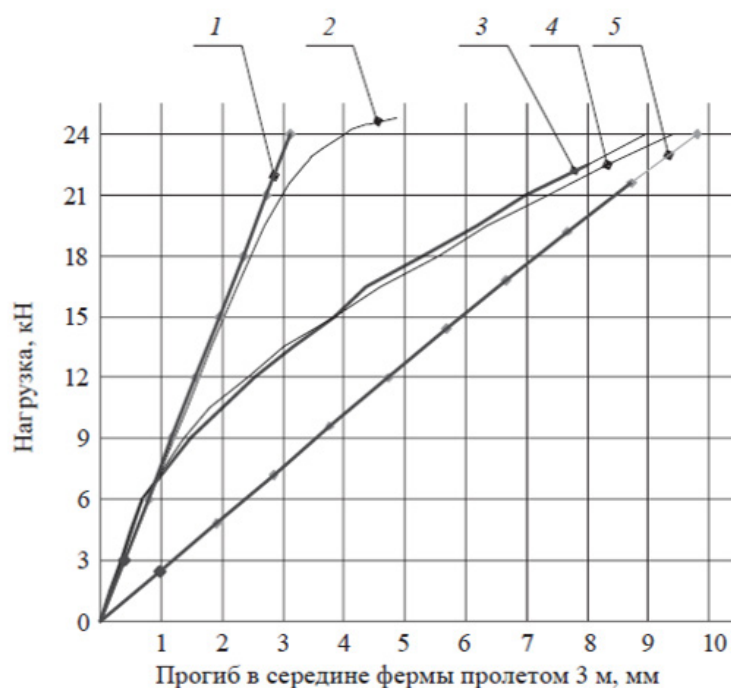


Рис. 1. Сводный графики зависимости вертикальных прогибов в середине фермы пролетом 3 м от нагрузки:  
 1 — Ф1, Ф2 численный линейный; 2 — Ф1, Ф2 численный нелинейный; 3 — Ф1 эксперимент; 4 — Ф2 эксперимент;  
 5 — Ф1, Ф2 нелинейный с учетом податливости



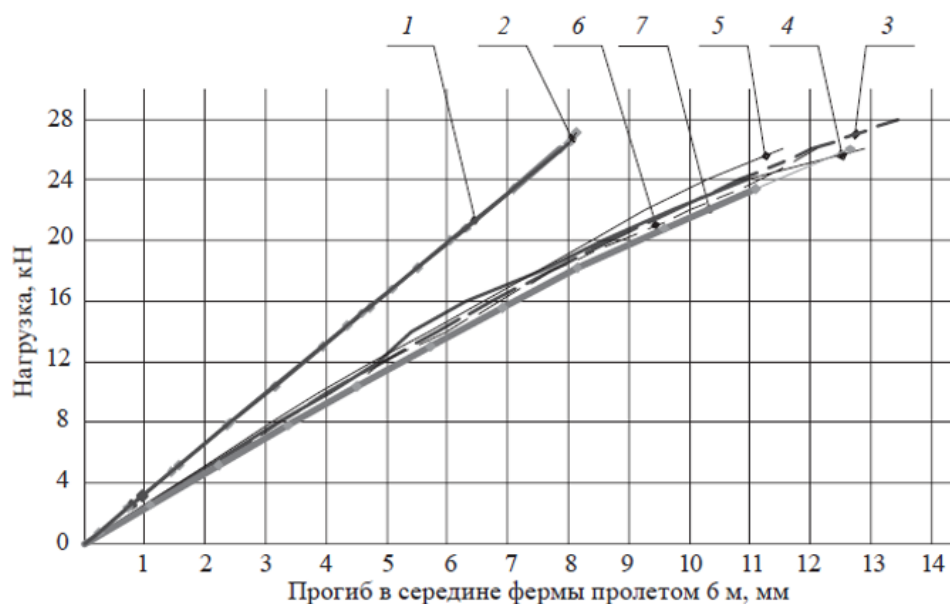


Рис. 2. Сводный графики зависимости вертикальных прогибов в середине фермы пролетом 6 м от нагрузки:  
1 — Ф3-Ф6 численный линейный; 2 — Ф3-Ф6 численный нелинейный; 3 — Ф3 эксперимент; 4 — Ф4 эксперимент;  
5 — Ф5 эксперимент; 6 — Ф6 эксперимент; 7 — Ф3-Ф6 нелинейный с учетом податливости

В 2017 г. в Сибирском государственном университете путей сообщения Новоселовым А. А. и Карелиным Д. А. была выполнена оценка влияния податливости опорного узла колонны на распределение усилий в элементах стального рамно-связевого каркаса [4].

Исследование проводилось на примере плоской рамы существующего 4-этажного общественного здания. Были подобраны сечения элементов каркаса по результату расчета на одновременное действие постоянной, временной и ветровой нагрузок. Затем были сконструированы опорные узлы.

Авторами предложена расчетная стержневая модель опорного узла, учитывающая податливость опорной плиты. Модель состоит из жесткой вставки бесконечно большой жесткости и двух изгибаемых стержней. Длина жесткой вставки принимается равной высоте колонны. Длины двух изгибаемых стержней равны расстоянию от грани колонны до центра анкерных болтов, а их жесткость соответствует жесткости опорной пластины. Концы изгибаемых стержней закреплены шарнирно. С учетом стержневой модели была выполнена корректировка расчетной схемы каркаса и выполнен перерасчет.

В результате было установлено, что учет податливости опорных узлов в плоском каркасе приводит к снижению опорных моментов на 0,5–10 %. Горизонтальные перемещения каркаса максимально увеличиваются в уровне перекрытия первого этажа на 4,2 %, при этом пролетные и узловые моменты балок максимально уменьшаются на 1 %.

В европейских нормах [5] учитывается влияние работы соединений на распределение внутренних сил и моментов в конструкции. Согласно п. 5.1.1 [5] — чтобы установить, должно ли в расчете учитываться влияние работы соединения на выполнение статического расчета различают три типа упрощенных моделей узлов:

- простой, в котором допускают, что узел не передает изгибающий момент;
- жесткий, в котором работа узла не влияет на результаты статического расчета;
- полужесткий, в котором следует учитывать влияние работы узла на статический расчет.

Выбор типа модели узла делается в зависимости от выбранного метода расчета и классификации узла по жесткости или по прочности.

В материале «Notes on Semi-Rigid Connections» [6] для моделирования полужестких соединений (semi-rigid connections) предлагается использовать поворотную пружину. Вращательная жесткость пружины  $k$  определяется отношением приложенного момента к значению угловой деформации соединения (рисунок 3). Значение вращательной жесткости могут быть определены экспериментальным путем.

При этом значение вращательной жесткости не определяет, будет ли соединение жестким или шарнирным. Это отношение жесткости поворотной пружины к жесткости элемента при изгибе  $EI/L$ . Данное соотношение называется жесткостью соединения и определяется как  $kL/EI$ .

Для того, чтобы определить при каких значениях коэффициента жесткости соединения будут шарнирными, жесткими или полужесткими было исследовано динамическое и статическое поведение балки с равномерной нагрузкой.

Была создана конечно-элементная модель балки с пружинными шарнирами на опорах. Для получения минимальной собственной частоты для различных значений жесткости пружины  $k$  был выполнен анализ нормальных режимов NASTRAN. Результаты анализа приведены на рисунке 4.

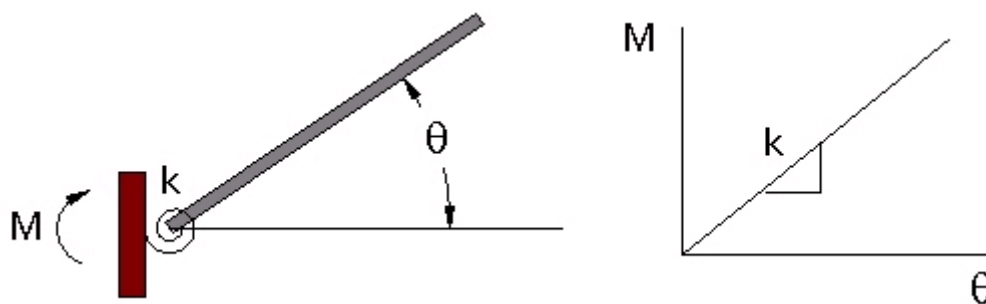


Рис. 3. Зависимость значения углового перемещения от момента

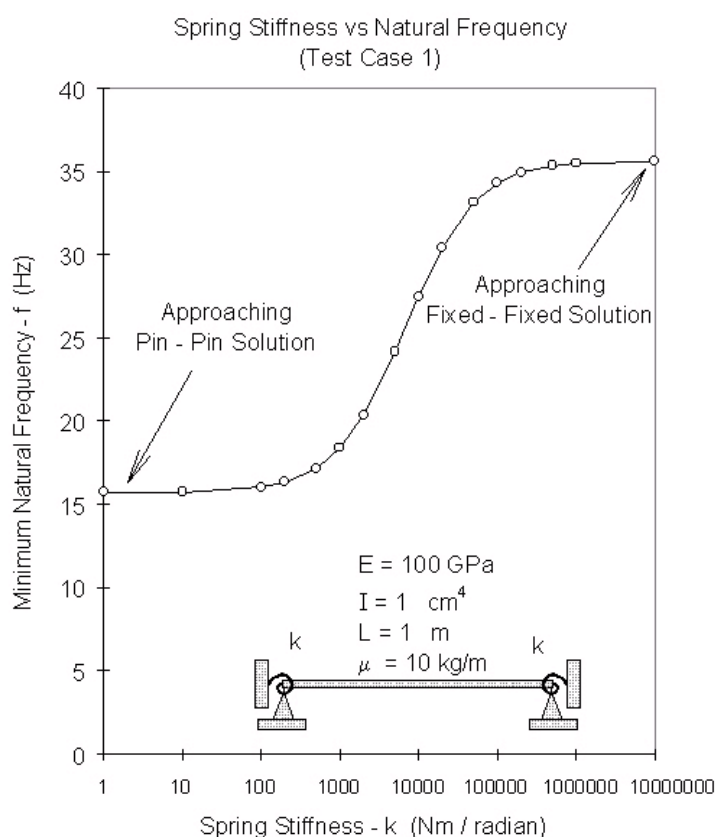


Рис. 4. Результаты анализа нормальных режимов NASTRAN модели балки с пружинными шарнирами

По мере уменьшения значения жесткости пружины решение узла приближается к шарнирному, в обратном случае — к жесткому. При этом существует некоторый диапазон, при котором узел считается полужестким.

Также было исследовано поведение другой балки с увеличенной массой, и балки с увеличенной жесткостью на изгиб. Результаты представлены на рисунке 5.

При увеличении массы балки собственная частота колебаний уменьшилась, однако граничные значения диапазона перехода остались неизменными. При увеличении жесткости балки граничные значения диапазона смещаются. Таким образом жесткость балки на изгиб влияет на жесткость соединения.

В рамках данного анализа собственную частоту можно принять безразмерной. Значение собственной частоты, при которой решение узла является шарнирным, при-

нято равным 0, а соответствующее жесткому узлу — 1. Вместо жесткости пружины использован коэффициент жесткости соединения  $k/EI/L$ . Зависимость, полученная таким образом, представлена на рисунке 6.

При анализе данной зависимости выявлено, что при значениях жесткости соединения, не превышающих 1, собственная частота находится в пределах 10 % от шарнирного решения узла, а при значениях жесткости соединения, превышающих 100, собственная частота находится в пределах 10 % от жесткого решения узла. При значениях жесткости соединения от 1 до 100 узел можно считать полужестким.

В статье «Effects of Semi-Rigid Connection on Structural Responses» [7] выполнено исследование работы рамы при



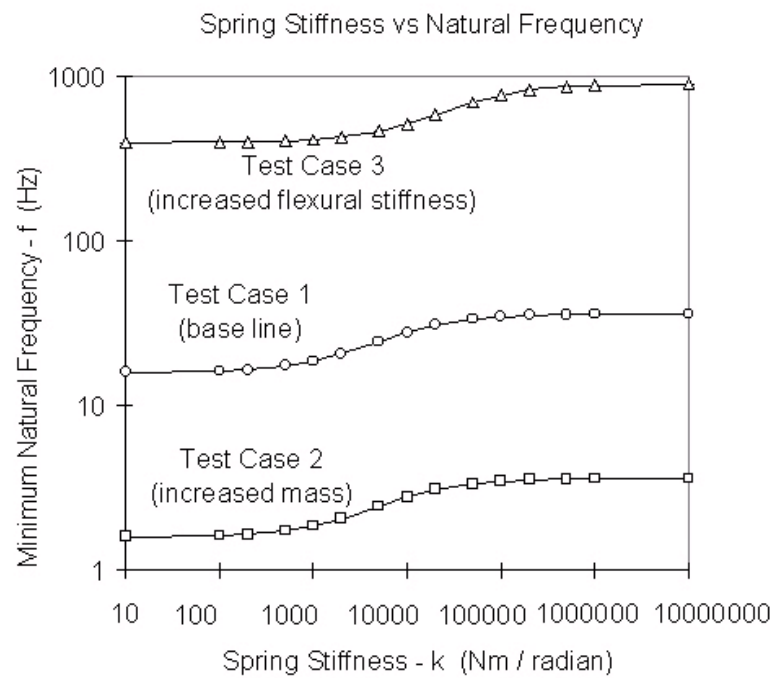


Рис. 5. Результаты анализа нормальных режимов NASTRAN моделей балок с увеличенной массой (2) и увеличенной жесткостью на изгиб (3) с пружинными шарнирами

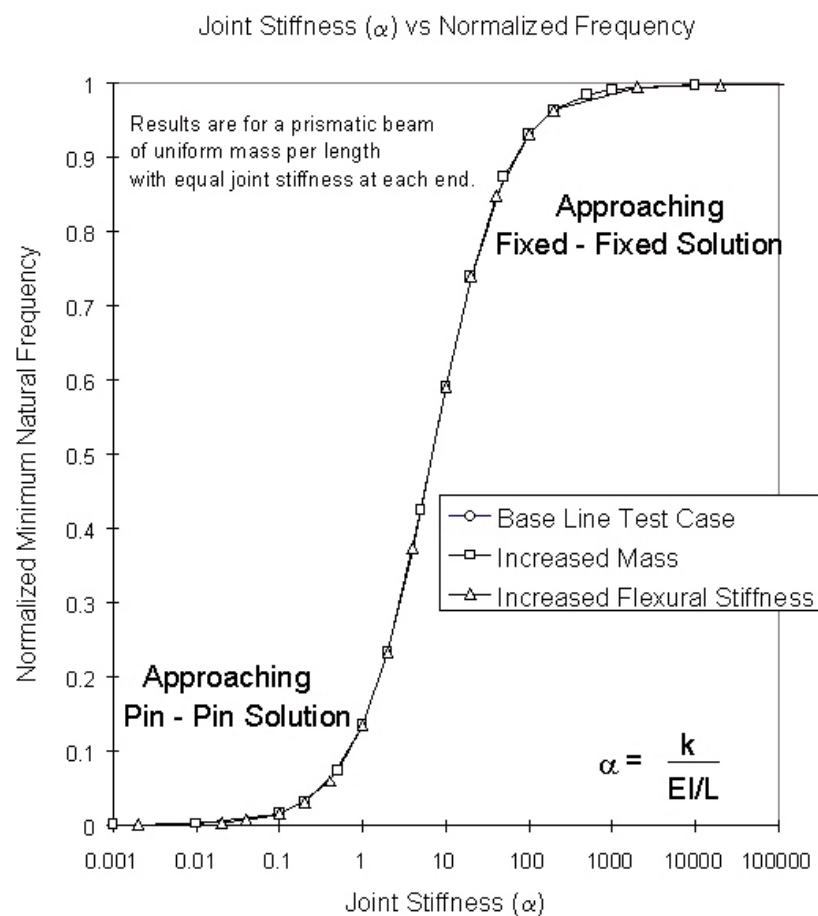


Рис. 6. График зависимости коэффициента жесткости соединения от собственной частоты колебаний

изменении жесткости ее узлов от шарнирных до жестких с использованием программного комплекса ANSYS. Для моделирования полужестких соединений использовалась поворотная пружина.

Был выполнен статический расчет рамы с использованием поворотных пружин в опорных узлах. На рисунке 7 представлена расчетная схема рамы с поворотными пружинами в опорных узлах.

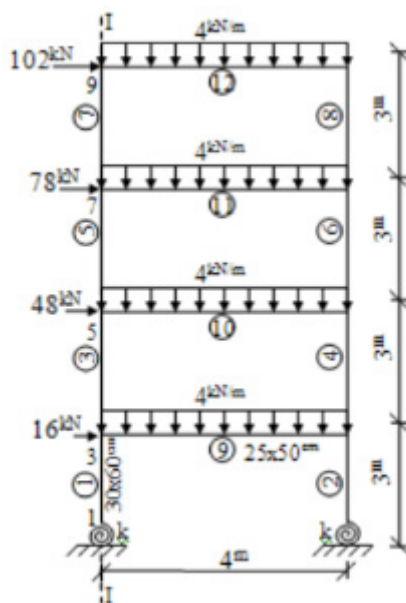


Рис. 7. Расчетная схема рамы с поворотными пружинами в опорных узлах

При моделировании работы поворотной пружины использовалась зависимость решения узла (в процентном

соотношении от жесткого) от жесткости соединения (рисунк 8).

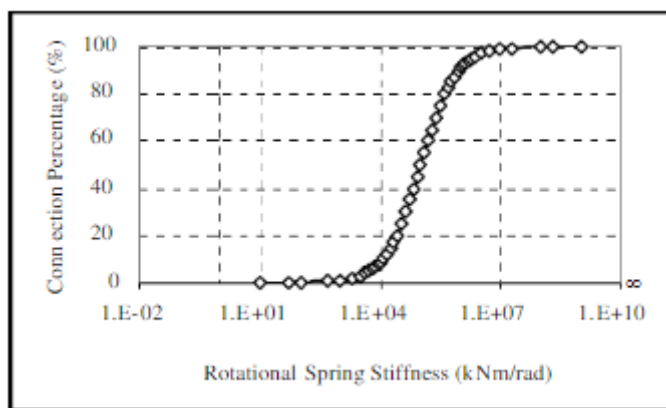


Рис. 8. Зависимость решения опорного узла (в процентном соотношении от жесткого) от жесткости соединения

Для различных решений узла получены эпюры усилий и перемещения в стойках рамы (рисунки 9 и 10).

Аналогичный расчет был выполнен при использовании поворотной пружины в узлах сопряжения балок со стойками. Зависимость решения узла (в процентном соотношении от жесткого) от жесткости соединения для узла сопряжения балки со стойкой представлена на рисунке 11. Результат расчета представлен на рисунках 12 и 13.

Таким образом, изменение жесткости узлов в разных узлах конструкции при статическом расчете может оказывать разное влияние на значения усилий в элементах расчетной схемы. В данном случае изменение жесткости

узла сопряжения балки с колонной оказало большее влияние на усилия в элементах расчетной схемы, чем изменение жесткости в опорных узлах. При проектировании используя различные конструктивные исполнения узлов можно контролировать параметр жесткости узла, а соответственно и значения усилий в элементах конструкций.

В предстоящем исследовании будет рассмотрен вопрос учета податливости на примере конструктивной схемы высотного здания.

В книге [8] рассмотрены вопросы аутригерных конструкций высотных зданий и даны рекомендации к их

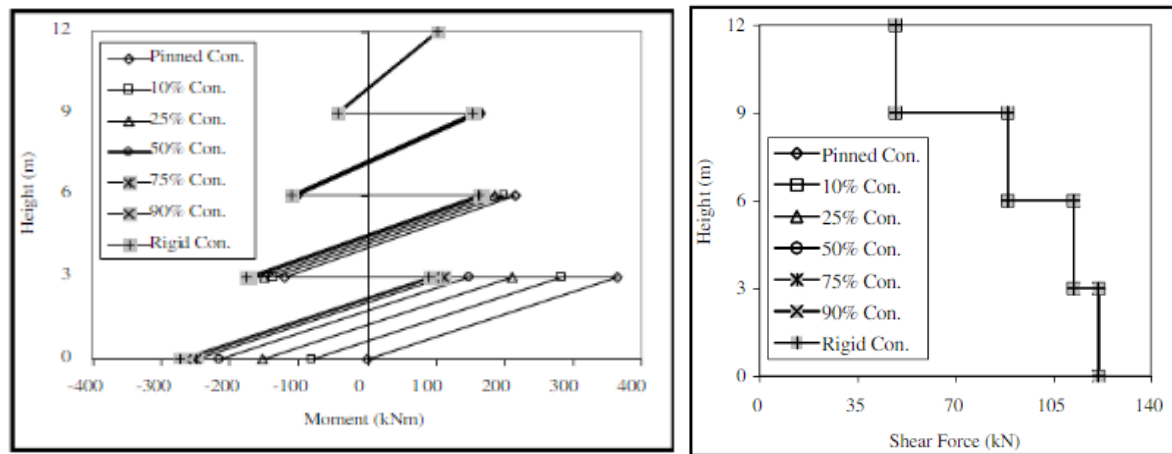


Рис. 9. Эпюры моментов (moment) и поперечной силы (shear force) в стойках рамы при различных решениях опорных узлов (pinned con. — шарнирный, rigid con. — жесткий, 10–90 % con. — полужесткий)

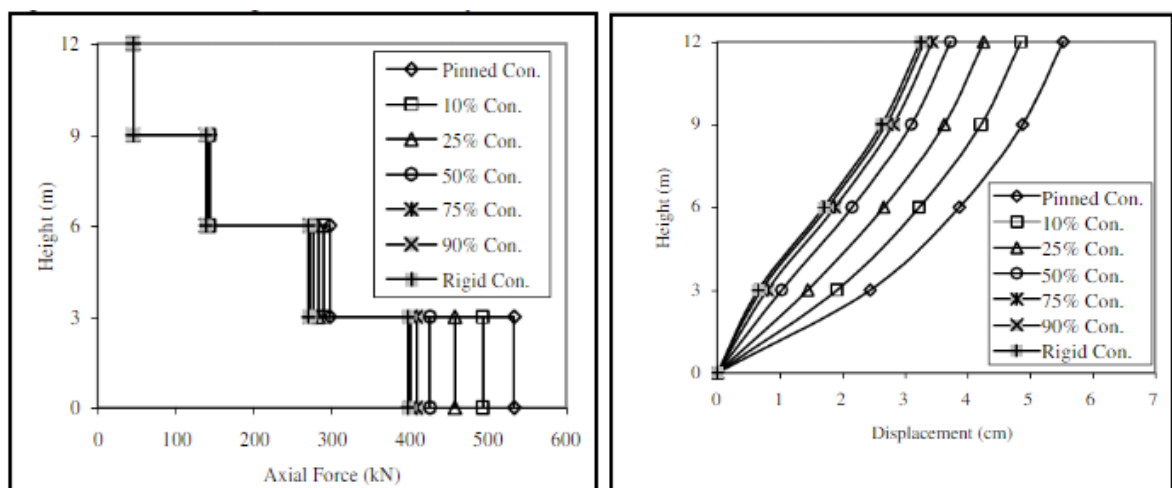


Рис. 10. Эпюры продольной силы (axial force), горизонтальные перемещения (displacement) в стойках рамы при различных решениях опорных узлов (pinned con. — шарнирный, rigid con. — жесткий, 10–90 % con. — полужесткий)

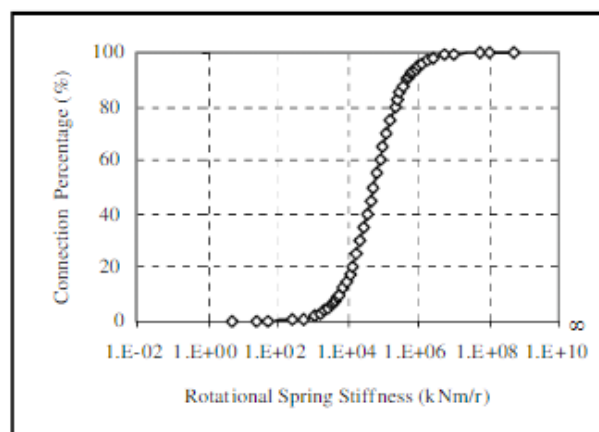


Рис. 11. Зависимость решения узла сопряжения балки со стойкой (в процентном соотношении от жесткого) от жесткости соединения

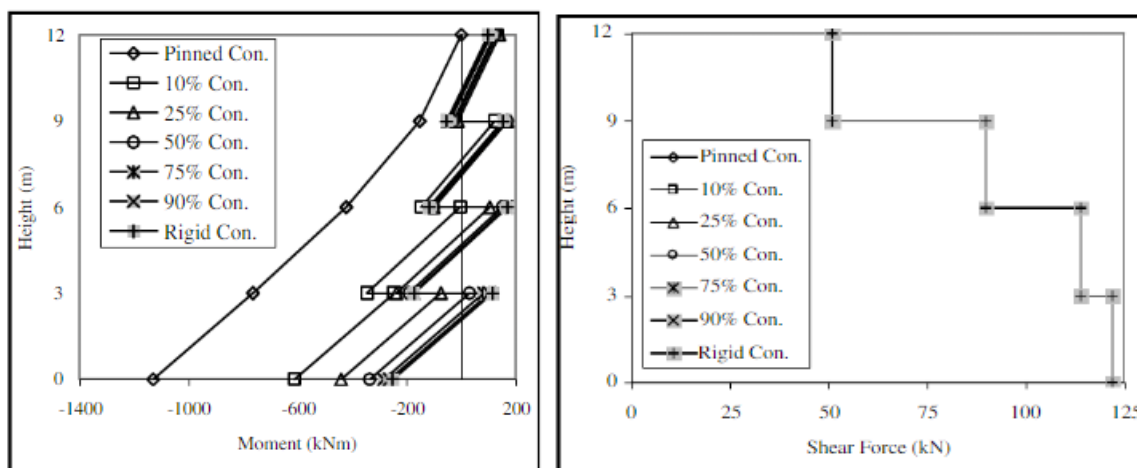


Рис. 12. Эпюры моментов (moment) и поперечной силы (shear force) в стойках рамы при различных решениях опорных узлов (pinned con. — шарнирный, rigid con. — жесткий, 10–90 % con. — полужесткий)

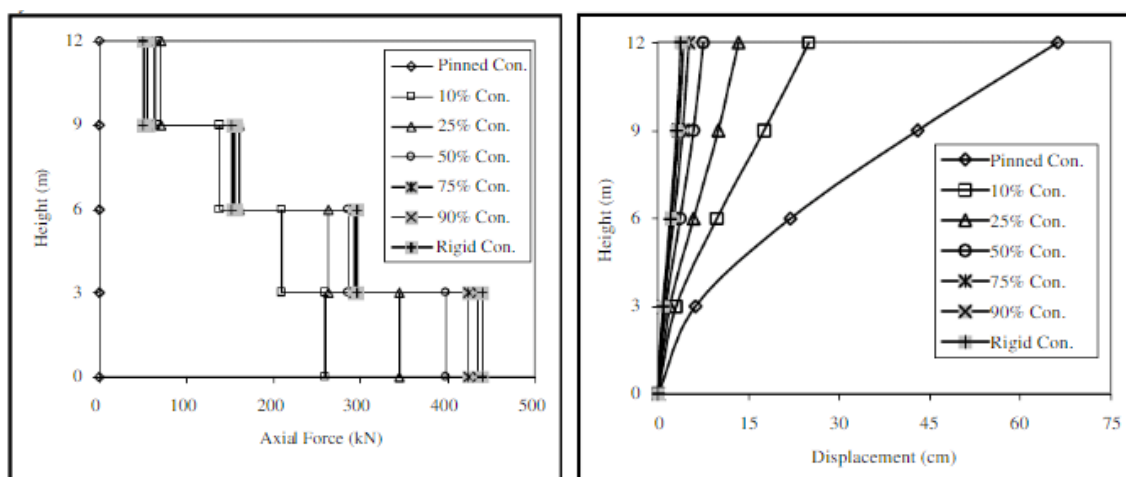


Рис. 13. Эпюры моментов (moment) и горизонтальные перемещения (displacement) в стойках рамы при различных решениях опорных узлов (pinned con. — шарнирный, rigid con. — жесткий, 10–90 % con. — полужесткий)

проектированию. Считается, что в высотных зданиях этажностью свыше 50 этажей эффективность конструктивных систем повышается устройством вверху и посередине высоты здания аутригерных конструкций — горизонтальных поясов жесткости, включающих в работу ядра жесткости периметральные колонны каркаса. В таком случае изгибающий момент от ветровой нагрузки частично воспринимается ядром жесткости, частично — периметральными колоннами, которые препятствуют горизонтальному перемещению ядра и догружаются вертикальной нагрузкой от момента.

Наиболее сложными являются узлы сопряжения аутригерных конструкций (опоясывающих ферм, вертикальных связей и др.) с другими элементами каркаса. Обычно аутригер представляет собой систему перекрестных ферм в комбинации с опоясывающей фермой или иными несущими элементами. Для аутригерных конструкций характерно использование крупных сечений, поэтому в [8] рекомендуется производить расчет узлов с использованием

конечно-элементных программных комплексов по деформированной схеме с учетом пластической работы материала. Однако, уточнение усилий в результате пластических деформаций узла не производится.

Целью будущей работы является оценка влияния податливости узлов аутригерных конструкций на распределение усилий в элементах каркаса высотных зданий, сравнение горизонтального перемещения верха здания, вычисленного без учета податливости с перемещением, вычисленным с учетом податливости.

#### Методы

Расчет стальных конструкций высотного здания будет выполнен с использованием программных комплексов, основанных на методе конечных элементов.

Работа будет выполняться в несколько этапов:

1) оценочный расчет с использованием программного комплекса ETABS, при котором определяются сечения элементов и конструктивные решения узлов, горизонтальное перемещение верха здания;

2) моделирование и расчет узлов аутригерных конструкций с учетом пластической работы материала с использованием программного комплекса IDEASTaTiCa, определение угловой жесткости узлов;

3) статический расчет высотного здания с учетом полученной угловой жесткости узлов аутригерных конструкций.

#### Результаты

После выполнения расчетов и получения результатов будет произведено сравнение значений усилий и перемещений, полученных при расчете без учета податливости и с учетом податливости.

#### Обсуждение

Если при расчетах с учетом и без учета податливости возникнут значительные различия в значениях усилий

и перемещений, то выводом исследования будет необходимость учета податливости при проектировании конструкций высотных зданий, а также дальнейшее развитие методов учета податливости при расчетах. В противном случае, учет податливости при расчете конструкций высотных зданий является нецелесообразным при проектировании, поскольку это потребует дополнительных затрат на проектирование и расчеты.

#### Выводы

По результатам исследования будут сделаны выводы о целесообразности учета податливости узлов аутригерных конструкций при проектировании высотных зданий.

#### Литература:

1. Колмогоров, Ю. И. Экспериментально-теоретический метод определения податливости узлов для уточнения расчетных схем рам эксплуатационных промзданий: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Колмогоров Юрий Иванович. — Ленинград.: ЛИСИ, 1990. — 185 с.
2. Лапшин, А. А. Методика проектирования стальных конструкций из гнутых тонкостенных профилей с учетом податливости узловых соединений на самонарезающих винтах / А. А. Лапшин, Д. В. Морозов, А. И. Колесов // Приволжский научных журнал. — 2014. — № 3 (31). — с. 16–25.
3. Колесов, А. И. Опытные исследования стальных ферм из тонкостенных холодногнутых профилей на самонарезающих винтах / А. И. Колесов, А. А. Лапшин, И. А. Ямбаев, Д. А. Морозов // Приволжский научный журнал. — 2013. — 4 (28). — с. 15–19.
4. Новоселов, А. А. Оценка влияния податливости опорного узла стальной колонны / А. А. Новоселов, Д. А. Карелин // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. — 2017. — № 4 (43). — с. 26–31.
5. EN 1993-1-8 (2005), Eurocode 3: Design of steel structures — Part 1-8: Design of joints. — URL: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1993.1.8.2005-1.pdf>
6. Dr. John McGuire Notes on Semi-Rigid Connections [Электронный ресурс] / John McGuire. — URL: <https://femci.gsfc.nasa.gov/semirigid/>
7. М. Е. Kartal Effects of Semi-Rigid Connection on Structural Responses / М. Е. Kartal, Н. В. Başağa, А. Bayraktar, М. Muvařık // Electronic Journal of Structural Engineering. — 2010 — № 10. — с. 11–35.
8. Ведяков, И. И. Стальные конструкции высотных зданий / И. И. Ведяков, Д. В. Конин, П. Д. Одесский. — М.: Наука, 2014. — 272 с.
9. Ананьин, М. Ю. Метод учета податливости в узлах металлических конструкций зданий / М. Ю. Ананьин, Н. И. Фомин // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. — 2010. — № 2. — с. 72–74.
10. Бейсебаев, А. К. Упругоподатливые соединения в элементах строительных конструкций // Современные аспекты совершенствования строительства: межвуз. сб. науч. тр. / Казахстанский политехн. ин-т. Алма-Ата, 1987.
11. Горпинченко, В. М. К вопросу расчета гибких соединений ригеля с колоннами / В. М. Горпинченко, Б. С. Цетлин, В. М. Туснина // Строительная механика и расчет сооружений. — 1989. — № 6. — с. 10–13.
12. Марутян, А. С. Учет влияния податливости узловых соединений перекрестных систем на работу конструкций покрытий / А. С. Марутян // Строительная механика и расчет сооружений. — 2008. № 6. — с. 2–6.
13. Ольков, Я. И. К уточнению расчетной схемы стальной рамы-этажерки / Я. И. Ольков, В. Н. Алехин // Известия вузов. Строительство и архитектура. — 1980. № 8.
14. Рыпуло, Ю. В. Напряженно-деформированное состояние каркасов сборно-разборных зданий с учетом нелинейно изменяющейся жесткости узловых соединений: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Рыпуло Юрий Викторович. — Киев.. НИИ строит. конструкций, 1991. — 16 с.
15. Троицкий, П. Н. Исследование действительной работы сварного рамного узла крепления балок и рекомендации по их расчету / П. Н. Троицкий, И. В. Левитанский // Материалы по металлическим конструкциям. — 1977. Выпуск 19. — с. 120–132.
16. Трофимов, В. И. Учет влияния податливости болтового соединения на работу структурной конструкции / В. И. Трофимов, Э. В. Третьякова, И. И. Зуева // Строительная механика и расчет сооружений. — 1976. № 1. — с. 24–26.

17. Фиш, В. М. Определение моментов в продольных балках с учетом податливости прикреплений / В. М. Фиш, В. И. Клопотовский // Транспортное строительство. — 1984. № 12.
18. Ackroyd, M. H. Strength of Flexibly Connected Steel Frames / M. H. Ackroyd // Eng. Struct. — 1983. No. 1.
19. Frye, M. J. Analysis of Flexibly Connected Steel Frames / M. J. Frye, G. A. Morris // Canadian Journal of Civil Engineering. — 1975. 2. No. 3.
20. Lindsey, S. D. LRFD Analysis and Design of Beams with Partially Restrained Connections / S. D. Lindsey, S. A. Loannides, A. Goverdhan // Engineering Journal. — 1985. 22. No. 4.

## Воздействие различных видов кислот на железобетонные конструкции

Канаева Екатерина Алексеевна, студент магистратуры;  
Худяков Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент  
Тамбовский государственный технический университет

*В статье на примере корпуса предприятия химической промышленности рассмотрено влияние олеума, серной и соляной кислот на железобетонные конструкции.*

**Ключевые слова:** железобетон, серная кислота, соляная кислота, олеум, коррозия.

На территории Тамбовской области с целью определения надежности и дальнейшего срока эксплуатации было проведено техническое обследование несущих конструкций одного из корпусов промышленного предприятия химической промышленности.

В ходе визуального обследования были осмотрены помещения следующего назначения: железнодорожный тепляк (отапливаемый гараж для отогрева сыпучего груза после длительного пребывания при отрицательных температурах), склады кислот, а также цеховое помещение.

Промышленные предприятия, в особенности те, что занимаются химической промышленностью, сталкиваются с проблемой повреждения конструкций вследствие воздействия агрессивных растворов, таких как соли, кислоты, щелочи и масла. Повреждения могут быть различными и иметь различную степень тяжести: от потери эстетического вида до полного обрушения.

Обычный бетон является широко используемым материалом в строительстве с очень низкой устойчивостью к кислотным воздействиям, что приводит к непоправимым экологическим и экономическим последствиям. Бетон подвержен кислотному воздействию из-за его щелочного состава. В интенсивном темпе коррозия развивается в бетонных конструкциях с трещинами, раковинами, крупными порами, которые достигают арматуры. При длительном периодическом воздействии химически агрессивных веществ, таких, как олеум, соляная и серная кислоты на железобетонные конструкции в ходе протекания рабочего процесса на промышленном предприятии вследствие диффузии агрессивных реагентов произошли изменения свойств бетона, а также внешние деформации.

Установлено, что одной из главных причин возникновения дефектов и повреждений сборных железобетонных конструкций (колонн, ригелей, плит покрытия), напольного покрытия (бетонной стяжки), фундаментов для на-

сосной станции является воздействие агрессивной химической среды (фото 1–4), например, замачивание технологическими проливами. Кроме того, железобетонные конструкции подверглись коррозионным разрушениям и повреждениям бетона и арматуры, включая ее оголение, вызванные агрессивными средами.

Одним из компонентов агрессивной среды рассматриваемого химического предприятия является раствор соляной кислоты HCl, который вызывает коррозию железобетонных конструкций.

Хлоридная коррозия является одним из наиболее распространенных явлений, порождающих коррозионный износ железобетонных конструкций, за счет электрохимической реакции между сталью и окружающей средой. Это происходит всякий раз, когда оксидная пленка, образующаяся при гидратации цемента и поддерживаемая высокой щелочностью бетона, разрушается при проникновении хлорид-ионов, которые снижают пассивирующие свойства бетона к арматуре. Ионы хлора проникают к защитной оксидной пленке легче, чем другие ионы, что ускоряет процесс коррозии [3]. В свою очередь, стальная арматура окисляется, увеличивается в объеме и происходит постепенное разрушение конструктивного материала.

Скорость коррозии является важным параметром для количественного прогнозирования срока службы железобетонных конструкций, который ограничен коррозионным износом. Скорость хлоридной коррозии, изученная путем проведения экспериментальных процессов, зависит от температуры, сопротивления бетона, содержания и концентрации хлористого водорода и времени коррозии. Риск коррозии увеличивается с повышением температуры и количества хлоридов и уменьшается по мере увеличения сопротивления бетона.

Было проведено значительное количество исследований с целью определения максимально допустимого





Рис. 1-4. Негативные последствия химически агрессивной среды на железобетонные конструкции промышленного предприятия

содержания хлоридов, которое приводит к высокой скорости коррозии арматуры в железобетонных конструкциях. Максимально допустимая концентрация хлоридов в железобетоне зависит от многих факторов:

- пропорции бетонной смеси;
- содержания влаги в бетоне;
- pH (кислотности) бетона;
- температуры;
- типа катиона;
- содержания трехкальциевого алюмината в цементе (минерал, отвечающий за набор прочности в течение «первых дней жизни» бетона);
- смешиваемых материалов;
- химического состава сталей и их отделки и т. д.

Критическая концентрация хлоридов контролируется и исследуется с помощью численного моделирования, таким образом Евростандартом EN 206-1 (стандарт, разработанный Европейской ассоциацией по готовым бетонным смесям, посвященный бетону, его общетехническим требованиям, долговечности, производству и контролю качества) установлено максимально допустимое содержание хлорид-ионов в железобетоне, которое составляет 0,4 % от массы цемента для обычных железобетонных конструкций и 0,1 % для предварительно напряженных [1]. Как только концентрация хлорид-ионов в месте расположения стали превысит критический уровень, т. е. пороговое значение хлорида, коррозия будет происходить интенсивнее.

Главный способ защиты бетона и железобетона от действия хлоридов — увеличение водонепроницаемости бе-

тона путем введения добавок. Это так называемая первичная защита, которую можно осуществлять на стадии изготовления конструкции. В качестве вторичной защиты, которая реализуется после изготовления, на этапе эксплуатации, можно использовать специальные защитные покрытия [1].

Вторым химическим раствором, влияющим на состояние железобетонных конструкций, является раствор класса сильных минеральных кислот — серная кислота ( $H_2SO_4$ ). Она с любым показателем концентрации вызывает необратимые повреждения бетона и железобетона.

Серная кислота легко вступает в реакцию с бетоном и растворяет поверхность, с которой соприкасается. Время, необходимое для необратимого повреждения, зависит от концентрации серной кислоты, а также от степени наполнения цементного камня цеолитосодержащей породой и значений кислотности растворов (pH).

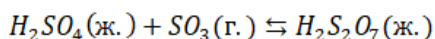
При контакте цементных композитов с растворами серной кислоты различной концентрации происходит выщелачивание соединений кальция из цементного камня, что приводит к выпадению осадка (сульфат-ионы образуют с ионами кальция малорастворимую соль  $CaSO_4$ ) в контактирующих растворах и в порах бетона. Это создает внутренние напряжения, которые могут привести к разрушению, за счет расширения пор в бетоне.

Как только серная кислота вступает в реакцию с гидроксидом кальция (гашеной известью), который добавляется в цементный раствор для защиты бетона от плесени и грибка, образуется гипс, который занимает большой объем (происходит расширение примерно в семь

раз по сравнению с исходным объемом), чем гидроксид кальция, содержащийся в бетоне. Это также может привести к образованию микро и макротрещин [7, 10]. Появление микро- и макротрещин в бетоне приводит к увеличению коррозии и отслоению бетонов, что, следовательно, влечет за собой снижение их механических характеристик и долговечности.

Третьим химическим соединением, оказывающим воздействие на железобетонные конструкции в рамках выбранного предприятия является олеум. Взаимодействие олеума с железобетонными конструкциями происходит посредством прямого контакта воды с крайне едким веществом, способным разъедать многие материалы в быстром темпе, за исключением наименее реакционноспособных.

Олеумом называют серную кислоту с концентрацией 99,5 % (промежуточный продукт при образовании серной кислоты) и обозначают формулой  $H_2S_2O_7$  [6], в то время как сам по себе олеум является вязкой маслянистой бесцветной жидкостью или легкоплавкими кристаллами.



При контакте олеума с водой происходит сильно экзотермическая реакция (с выделением теплоты) между серной кислотой ( $H_2SO_4$ ) и гидроксидом кальция, что сопровождается закипанием жидкости и как следствие — образование мелкодисперсного тумана из серной кислоты.

Наиболее важным параметром, определяющим поведение компонентов является количество воды, доступной для реакции. Существует три источника воды:

- вода, присутствующая на земле;
- вода в субстрате (в составе бетона);

— вода, поступающая из атмосферы [4].

Вода в субстрате (в составе бетона) представляет собой сумму свободной воды в пустотах (исключая капиллярные полости), химически смешанной воды, гелеобразной воды и капиллярной воды. Предполагается, что последние три источника воды равны 0,2 кг на 1 кг сухого цемента. Эти источники воды трудно определить, поскольку они сильно зависят от типа бетона, его состава (цемента и заполнителей), окружающей среды, воздействию которой он подвергался и т. д. [5].

Если говорить о контакте олеума с арматурой, то с уверенностью можно заявить, что олеум менее агрессивен по отношению к металлам, чем серная кислота, потому что нет свободной воды, которая разрушала бы поверхности.

По результатам проведенного обследования было установлено, что на данном предприятии железобетонные конструкции, находящиеся в активной эксплуатации, подвержены коррозии II вида, процессы которой возникают при воздействии вод, когда происходят обменные реакции веществ окружающей среды (солей, кислот) с частями цементного камня. Коррозия железобетонных конструкций уже на данном этапе привела к серьезным последствиям, таким как снижение прочности, деформациям и даже разрушению конструкций. Поэтому необходимо принять меры по защите этих конструкций от коррозии, чтобы продлить срок службы конструкций и обеспечить их надежность и безопасность. Также важно регулярно проводить инспекции и обследования железобетонных конструкций, чтобы своевременно выявлять возможные повреждения и принимать меры по их устранению.

#### Литература:

1. Розенталь, Н. К., Степанова В. Ф., Чехний Г. В. О максимально допустимом содержании хлоридов в бетоне. Строительные материалы. 2017. № 1–2. с. 82–85.
2. ГОСТ 31384-2008. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования. М.: Стандартинформ, 2010. 65 с.
3. Румянцева, В. Е. Особенности коррозии бетона и железобетона в хлоридных и углекислых средах / В. Е. Румянцева, И. Н. Гоглев // Информационная среда вуза (см. в книгах). — 2016. — № 1(23). — с. 379–382. — EDN ZBBPTD.
4. T. Kapias, R. F. Griffiths. A model for spills of  $SO_3$  and oleum: Part I. Model description, Journal of Hazardous Materials. — Volume 62, Issue 2. — 1998. Pages 101–129.
5. T. Kapias, R. F. Griffiths. A model for spills of  $SO_3$  and oleum: Part II. Results, conclusions and discussion, Journal of Hazardous Materials. — Volume 62, Issue 2. — 1998. Pages 131–142.
6. Фримантл, М. Химия в действии. В 2-х ч. Ч. 1: Пер. с англ. — М.: Мир, 1991. — 528 с., ил., стр. 359.
7. Селяев Владимир Павлович, Седова Анна Алексеевна, Куприяшкина Людмила Ивановна, Осипов Анатолий Константинович Изучение процессов повреждения цементного камня растворами серной кислоты различной концентрации // ИВУЗ ПР Естественные науки. 2015. № 3 (11).
8. Караханян, В. Б. Влияние хлоридов на долговечность железобетонных конструкций транспортных сооружений / В. Б. Караханян // Техника и технология транспорта. — 2019. — № S(11). — с. 9. — EDN VVNZUN.
9. Ведищев, К. А. Влияние коррозии на долговечность железобетонных конструкций / К. А. Ведищев, Я. Е. Полторан // Аллея науки. — 2019. — Т. 1, № 7(34). — с. 66–70. — EDN CJHZBJ.
10. Arash Arjomandi, Reza Mousavi, Morteza Tayebi, Mahdi Nematzadeh, Aliakbar Gholampour, Arman Aminian, Osman Gencel. The effect of sulfuric acid attack on mechanical properties of steel fiber-reinforced concrete containing waste nylon aggregates: Experiments and RSM-based optimization, Journal of Building Engineering. — Volume 64. — 2023.

## Современные проблемы проектирования каркасных промышленных зданий

Мельниченко Владислав Григорьевич, аспирант;  
Ильичев Владлен Анатольевич, кандидат технических наук, доцент  
Брянский государственный инженерно-технологический университет

*Расчет и конструирование элементов зданий и сооружений занимают значительное место в процессе проектирования объектов строительства. Значительную долю сметных расходов составляют материальные затраты на изготовление и монтаж строительных конструкций. От уровня их надежности в определяющей мере зависит жизнеспособность всего объекта. Таким образом, перед инженером проектировщиком возникают две противоречивые задачи: с одной стороны, найти решение, которое бы снижало сметные расходы, а с другой — решение должно отвечать требованиям обеспечения жизнестойкости здания или сооружения.*

Компромиссное решение достигается следующим способом: пытаются строго выполнить условия, ограничения, нормативы и другие требования, обеспечивающие заданный уровень надежности. При этом решение должно быть наиболее экономичным, то есть отвечать минимуму материальных затрат, удовлетворяя одному или не-

скольким критериям качества. Такой подход порождает ряд проблем. Прежде всего, это проблема достоверности инженерных, конструкторских и связанных с ними расчетов, а также методов оптимального проектирования. На рисунке 1 показана концептуальная схема проблем, решаемых при проектировании строительных конструкций.



Рис. 1. Концептуальная схема проблем, решаемых при проектировании сооружений

Проведенный, на основе статистической обработки многих проектных решений, анализ показал, что погрешность массовых инженерных расчетов лежит в интервале 10–25 % (рисунок 2).

Такая относительно высокая погрешность расчетов обусловлена сложностью адекватного отражения фактической работы конструкций в используемых для этого расчетных моделях. Сказывается и несовершенство применяемых методов расчета, которые во многих случаях являются приближенными.

Надежность сооружения в целом в значительной мере зависит от используемой в конструкторских расчетах нормативной базы. Она формируется на основе результатов обширных исследований как отдельных ученых, так и соответствующих научных организаций. Несовершенство

нормативной базы, моделей и методов расчета требует введения коэффициентов надежности на нагрузки, работу материала, конструкций, зданий и т. д.

Достоверность расчета и надежность рассчитываемых объектов может быть повышена через приемы, повышающие точность расчетов и совершенствование расчетной модели.

Под несущей способностью конструкции  $\gamma_{nc}$  будем понимать следующую безразмерную характеристику напряжений в наиболее опасных сечениях относительно расчетного уровня сопротивления материала, в виде следующего коэффициента:

$$\gamma_{nc} = R / \sigma_{max} \quad (1.1)$$

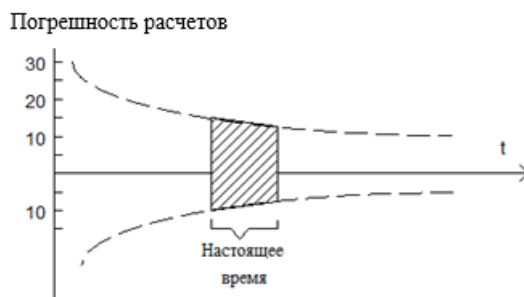


Рис. 2. Динамика точности инженерных расчетов

где  $R$  — расчетное сопротивление;  $\sigma_{\max}$  — максимальное обобщенное напряжение в опасном сечении.

На рис. 3 показаны зоны фактической несущей способности конструкции и зоны запаса, которые можно уменьшить до граничной а-б. Такое уменьшение может быть достигнуто за счет повышения точности расчетов как ин-

женерных, так и конструкционных. Важными проблемами являются выбор адекватной процедуры проведения расчетов, их численная реализация, согласование полученных результатов с результатами других расчетов, выполняемых при проектировании объектов строительства в других разделах проекта.

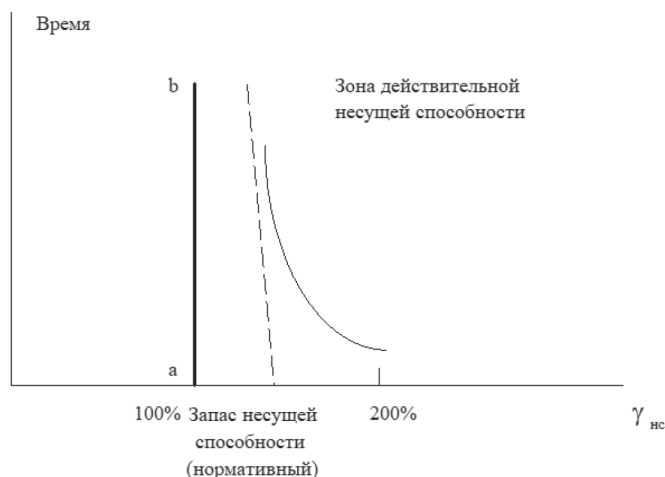


Рис. 3. Изменение запасов несущей способности во времени

Проектирование каркасных сооружений обладает рядом особенностей, вызванных спецификой данной области и проектирования сооружений в целом. К существенным особенностям относится разнообразие возможных архитектурно-планировочных решений, вызванное различиями применяемых материалов, конструктивных решений отдельных элементов, отличиями самих конструкций и объекта проектирования в целом. Растущие требования обеспечения функциональности сооружения, рационального размещения технологического оборудования, взаимосвязи технологических процессов, приводят к усложнению планировочных решений каркасов.

К особенностям проектирования каркасов следует отнести разнообразие конструктивных решений. Разнообразие конструктивных решений, predetermined богатством конструктивных форм основных элементов каркаса, дополняется вариантами реализации данных элементов, представляющих собой систему подэлементов и соединений. При проектировании необходимо приме-

нять системный подход при выборе некоторого подмножества тех или иных конструкторских разработок из числа возможных. К одному из подмножеств можно отнести стальной каркас. Это подмножество характеризуется такими общими признаками как вид материала, форма поперечных сечений, образование элементов конструкций, нормативно-директивная база, относительно небольшой объем справочно-рекомендательной информации и так далее. Близки и требования, предъявляемые к строительным конструкциям. К ним относятся требования обеспечения прочности, устойчивости, формально записываемые в следующем виде:

$$\sigma_i \leq R_y$$

$$\tau_i \leq R_s \quad (1.2)$$

$$N_{i \max} \leq K_y \cdot P_{ip}$$

$$f_i \leq [f]$$

где  $\sigma_i$  — нормальные и  $\tau_i$  — касательные напряжения в фиксированном сечении  $i$ ;  $R_y$  и  $R_s$  — расчетные сопро-



тивления материала;  $Ni_{\max}$  — продольная сила;  $f_i$  — перемещение  $i$  сечения дискретной расчетной системы.

В зависимости от вида, назначения, формы поперечного сечения и других параметров конструкций решаются вопросы местной и общей устойчивости отдельных элементов, определения локальных напряжений и деформаций, виды стыков соединений и узлов.

Разнообразие архитектурно-планировочных и конструктивных решений позволяет получить ряд проектных разработок, обеспечивающих заданную надежность сооружения. Сравнение вариантов проектных решений и выбор наиболее целесообразного с экономической точки зрения ведется путем полной или частичной проработки каждого варианта. Подобный подход повышает трудоемкость проектирования. Решение данной задачи строится путем более широкой автоматизации процессов проектирования, разработки новых компьютерных технологий, позволяющих расширить сферу применения ЭВМ в проектировании.

Рассмотренные особенности расчетов строительных конструкций требуют системного подхода. Необходима декомпозиция процесса проектирования каждой строительной конструкции на ряд подсистем, отдельных задач и подзадач. В то же время требуется и интеграция, то есть переход от решения частных задач и расчета отдельных подсистем и элементов конструкций к целостным системам. Системный подход необходим также для анализа особенностей расчета, качественной и количественной его оценки, выявления проблемных областей и поиска путей решения, возникающих при этом задач.

#### Заключение

Несмотря на развитие средств автоматизации проектирования сооружений, требуется проведение ряда дополнительных исследований для решения следующих проблем: выбор метода и обеспечение заданной точности проведения расчетов; адекватное отображение объекта его расчетной моделью; учета с необходимой полнотой физико-механических свойств конструктивных материалов.

#### Литература:

1. Дятков, С. В. Архитектура промышленных зданий: учебник для вузов/С. В. Дятков, А. П. Михеев. — Москва: Изд-во АСВ, 2008. 480 с.
2. Промышленные здания / Л. Ф. Шубин, И. Л. Шубин. — Москва: БАСТЕТ, 2010. — (Архитектура гражданских и промышленных зданий: учебник для вузов: в 5 т.; Т. 5)
3. Шерешевский, И. А. Конструирование промышленных зданий и сооружений: учебное пособие для вузов / И. А. Шерешевский. — Москва: Архитектура-С, 2016 — 168 с.
4. СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001 (с Изменениями № 1, 2, 3). М., 2019.
5. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения (Переиздание). М.: Стандартинформ, 2019.

## Перспективы развития сталежелезобетонных конструкций в высотном строительстве в Республике Казахстан

Хорев Александр Васильевич, студент магистратуры;

Жамбакина Зауреш Мажитовна, кандидат технических наук, ассоциированный профессор  
Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева (Satbayev University) (г. Алматы, Казахстан)

*Данная тема исследует перспективы развития сталежелезобетонных конструкций в высотном строительстве Республики Казахстан. Высотное строительство становится все более актуальным в современном мире, поскольку города стремятся использовать пространство максимально эффективно и рационально. Сталежелезобетонные конструкции являются одним из наиболее распространенных и надежных способов строительства высотных зданий.*

**Ключевые слова:** строительство, сталежелезобетон, расчет, сравнение конструкций.

## Prospects for the development of steel-reinforced concrete structures in high-rise construction of the Republic of Kazakhstan

Одной из самых развивающихся сфер экономики Казахстана на данный момент является — строитель-

ство. Развитие технологий в направлении ускорения, улучшения надежности, безопасности и технологичности

используемых конструкций неустанно набирает обороты как в мире, так и в Казахстане.

Поэтому темой моего исследования стало изучение мирового опыта в использовании такого типа конструкций как сталежелезобетонные конструкции, которые обрели популярность по всему миру. Использование данных конструкций распространяется на все типы зданий и сооружений, в особенности тех, где требуется повышенная безопасность и надежность конструкций, например такие как:

6. Мосты
7. Перекрытия промышленных и общественных зданий с большими нагрузками

1. Высотные здания и небоскребы

Из ключевых зданий высотного строительства с использованием подобных конструкций в Казахстане является Abu-Dabi Plaza в г. Астана. В связи с чем требуется изучение данной технологии для развития высотного строительства в РК, увеличения числа уникальных зданий. Увеличение несущей способности, уменьшении деформативности.

Цель исследования: сравнить работу разных типов конструкций, а именно ЖБК, МК и сталежелезобетонных конструкций.

Основополагающей литературой для данного исследования является государственный стандарт СП РК EN 1994 Еврокод 4. Проектирование сталежелезобетонных конструкций [1].

При сравнении классической стальной колонны из двутавра и сталежелезобетонной колонны, в просмотренных исследованиях выяснилось, что примерная экономия составляет:

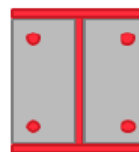
1. Уменьшение габаритов колонны — 33 %;
2. Снижение металлоемкости колонны — 42 %;
3. Повышение предела огнестойкости незащищенной конструкции — 100 %;
4. Уменьшение толщины огнезащитного покрытия (при необходимости) — 50 %;
5. Уменьшение площади нанесения огнезащиты (при необходимости) — от 63 до 75 %.

**Сечение колонны:**



Пояса колонны — 450x25мм;  
Стенка колонны — 400x12мм;  
Габариты колонны — 450x450мм;

**Сечение колонны:**



Пояса колонны — 300x18мм;  
Стенка колонны — 276x12мм;  
Габариты колонны — 300x300мм;

**Рис. 1. Сравнение стальной и сталежелезобетонной колонны**

Преимущества сталежелезобетонных конструкций по сравнению с традиционными [2]:

- меньшая масса по сравнению с железобетонными конструкциями;
- повышенная жесткость по сравнению со стальными конструкциями;
- снижение расхода стали по сравнению со стальными конструкциями;
- соответствие современным технологиям изготовления и монтажа, простота узловых сопряжений.

Недостатки сталежелезобетонных, в том числе изгибаемых, конструкций:

- необходимость устройства объединительных элементов;
- появление специфических воздействий, вызванных перепадом температур, усадкой и ползучестью бетона;
- усложнение расчетов на прочность и жесткость, необходимость учета двухстадийной работы конструкции, трещинообразования, ползучести бетона, сдвига разнородных материалов по поверхности контакта и других специфических факторов.

### **Выводы и дальнейшие перспективы исследования**

В современном высотном строительстве сталежелезобетонные конструкции играют ключевую роль, обеспечивая прочность, долговечность и устойчивость зданий. Вертикальные конструкции, такие как колонны, являются неотъемлемой частью этих систем и требуют особого внимания в техническом и технологическом плане.

Установление высокой технологичности в сталежелезобетоне в вертикальных конструкциях обусловлено наличием профлиста, который выполняет роль несъемной опалубки и существенно сокращает время монтажа. Это позволяет значительно ускорить процесс строительства и повысить эффективность работы на строительной площадке.

Однако при работе с вертикальными конструкциями, особенно с колоннами, возникают определенные сложности. Монтаж на строительной площадке может быть затруднителен, а заливка бетоном может вызывать трудности в провибрировании всей толщи бетона с необходимым качеством. В связи с этим предпочтительно изготавливать подобные конструкции в заводских условиях,



где обеспечивается более контролируемая и оптимизированная процедура производства.

Технологичность изготовления сталежелезобетонной колонны напрямую зависит от типа сечения. Различные типы сечений требуют специфического подхода к технологическому процессу, а также могут влиять на скорость заливки конструкции. Оптимальный выбор сечения и правильная организация производства позволяют сократить время изготовления колонн и повысить качество их исполнения.

#### Литература:

1. АО, «КазНИИСА» СП РК EN 1994 Еврокод 4. Проектирование сталежелезобетонных конструкций. / «КазНИИСА» АО. — Алматы:, 2016. — 259 с. — Текст: непосредственный.
2. Мустакимов, В. Р. Проектирование высотных зданий / В. Р. Мустакимов, С. Н. Якупов. — Казань: Казанск. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. — 243 с. — Текст: непосредственный.

## Разработка технических решений создания поселка городского типа на арктическом побережье (сравнение вариантов наплавного и традиционного)

Черепанов Владислав Егорович, студент  
Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)

*Развитие Арктической инфраструктуры является важной задачей для правительства Российской Федерации, именно поэтому внимание уделяется все новым коммерческим проектам, которые открывают возможности для развития новых, а также возобновления старых и создания транспортных и воздушных сообщений, поддержки демографического фонда для старых и глубоко забытых районов Арктической зоны. Именно поэтому данная статья посвящена технико-экономическому расчету поселка городского типа, а также его сравнению с наплавным вариантом.*

**Ключевые слова:** развитие, поселки городского типа, климатические факторы, проектирование, технико-экономические показатели, понтон, вариантность поселка городского типа, метод проектирования.

#### Введение

Развитие поселков городского типа в Арктической зоне является приоритетной задачей для правительства Российской Федерации. В феврале 2013 г. Президент В. В. Путин утвердил «Стратегию развития арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года». В целях обеспечения ее реализации был разработан и утвержден «План мероприятий по реализации Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года». 26 октября 2020 Президент России Владимир Путин подписал Стратегию развития Арктической зоны России и обеспечения национальной безопасности до 2035 года.

Для реализации арктических проектов требуется значительное кол-во ресурсов, которые предполагают развитые ближайшие порт пункты и базы производства, развитый ледовый флот (суда снабжения и обеспечения, а также ледоколы). Немаловажным фактором является технико-экономические показатели, которые показывает реальную оценку стоимости проекта, доставки ре-

В заключение, технологичность сталежелезобетонных вертикальных конструкций в высотном строительстве является ключевым фактором, влияющим на эффективность и сроки строительства. Применение несъемных опалубок, заводское изготовление и оптимальный выбор сечения позволяют достичь оптимальной производительности и качества в строительном процессе, способствуя развитию современной высотной архитектуры в Республике Казахстан.

сурсов к месту освоения, а также организации производства. Именно с данными факторами были произведены технико-экономические показатели ПГТ (поселка городского типа).

#### Классификация арктических столиц

Географы России в 2021 году выделили основные типы арктических городов, такая классификация была связана по нескольким особенностям:

Первая важная особенность — эти города выполняют функцию базы освоения.

Вторая специфическая особенность арктических городов России — высокая степень зависимости от сырьевых отраслей экономики.

Третья особенность арктических городов — очень узкий местный рынок сбыта услуг и товарной продукции является одним из важнейших барьеров «нормального» экономического развития удаленных и, в частности, арктических городов.

Таким образом собрав основные критерии оценивания арктических городов, поселков и поселений, географы выделили 7 основных типов арктических городов.

1. Арктические столицы
2. Арктические субцентры
3. Населенные пункты субпериферии
4. Населенные пункты привилегированной периферии
5. Населенные пункты «обделенной» периферии
6. Удаленные субрегиональные центры
7. Поселки-изоляты в районах реализации ресурсных проектов

#### Проектирование ПГТ традиционного типа

Для реализации поставленной задачи пришлось обратиться к BIM-моделированию, которое позволило получить основные показатели, такие как: площадь, кол-во того или иного материала, тоннаж каждой постройки (данный параметр необходим для транспортировки и расчета стоимости). В работе применялся программный комплекс кампании Autodesk Revit. Основные показатели представлены в таблице 1.

Учитывая специфику проекта и размещения в той или иной зоне, были созданы универсальные планировки каждого здания. Была применена блочно-модульная система, которая позволяет нам быстро производить монтаж в любой зоне строительства, без больших трудозатрат и потери времени, срок монтажа 1 такого

здания составляет до 3-х месяцев, учитывая доставку. Доставка осуществляется блоком, который выполнен на базе 30-тонного контейнера. Также были учтены основные показатели по электрозатратам ПГТ, поэтому для обеспечения электропитанием на суше были использованы специальные дизель генераторы контейнерного типа мощностью 2 мВт с дополнительной мощностью еще на 1,5 мВт, что обеспечит бесперебойным электропитанием весь городок. Блок-модули могут идти абсолютно разной компоновки, они могут выступать как административно бытовым комплексом, так и жилыми модулями, в котором комфортно могут находиться до 4-ех человек. Каждый блок-модуль комплектуется индивидуальным тепловым пунктом и электрощитовой, все эти системы позволяют сделать его полностью автономным.

В эскиз-проекте также были учтены складские мощности, дорожные сети и планировка ПГТ. Транспортная инфраструктура также играет огромную роль в развитии таких порт-пунктов, поэтому при проектировании были предусмотрено строительство аэропорта для малой авиации, строительство портового терминала, а также имеется возможность развития железнодорожной сети (при наличии рядом регионального центра и рельефа местности).

	Строение Тип 1	Строение Тип 2	Здание аэропорта	Административно бытовой комплекс	Сети
Стоимость доставки 1т груза (летняя навигация)	5 500,00 Р	5 500,00 Р	5 500,00 Р	5 500,00 Р	5 500,00 Р
Стоимость доставки 1т груза (зимняя навигация)	8 333,00 Р	8 333,00 Р	8 333,00 Р	8 333,00 Р	8 333,00 Р
Стоимость 1 м2	132 000,00 Р	370 000,00 Р	300 000,00 Р	120 000,00 Р	
Тип фундамента	Винтовые сваи для вечномёрзлых грунтов, обвязка швеллером				Отсыпка ПГС (скальник)
Стоимость фундамента	9 000 000,00 Р	2 000 000,00 Р	4 000 000,00 Р	9 000 000,00 Р	1 000 000,00 Р
Тип здания	Модульное сборно-разборное здание				Воздушная линия
Общая стоимость строительства	158 400 000,00 Р	25 200 000,00 Р	36 000 000,00 Р	108 000 000,00 Р	122 233 620,00 Р

Рис. 1. Сводная таблица по стоимости строительства за 1 ед. постройки

При строительстве ПГТ на суше для фундамента будут использоваться специальные сваи для вечномёрзлых грунтов, особенность данных свай заключается в том что это труба по ГОСТ 8732–87, изготовленная из стали марки 09Г2С по ГОСТ 5520–79, с приваренной к ней лопастью или литым наконечником (рис. 2). В проекте будет использована свая 108 диаметра — это обеспечит устойчивость здания, а обвязка швеллеров добавит прочности и защитит от морозного пучения.

Из данных, приведенных в таблице 1 и рисунке 1, видно, что стоимость строительства ПГТ напрямую зависит от вида и типа строений, площади возведения, наличие какой-либо инфраструктуры. Также каждый ПГТ имеет индивидуальность, которая заключается в виде планировки,

которая была применена. В данных ПГТ были применены 3 вида планировки:

1. Линейная планировка
2. Смешанная планировка
3. Компактная планировка

Каждый вид планировки рассчитан под определенные особенности рельефа.

#### Проектирование ПГТ наплавного типа

Проектирование и создание ПГТ наплавного типа является достаточно сложной задачей, поэтому перед разработкой были собраны данные касательно того, какой функционал будет нести ПГТ и какие строения будут находиться на понтонах. После сбора данной информации был разработан концепт вариант ПГТ и проведены расчеты в программном комплексе Ansys для расчета си-



Рис. 2. Свая для вечномёрзлых грунтов

Таблица 1. Техничко-экономические показатели ПГТ трех типов

	ПГТ Тип 1	ПГТ Тип 2	ПГТ Тип 3
Площадь поселка	264140 м <sup>2</sup>	405713 м <sup>2</sup>	426720 м <sup>2</sup>
Площадь жилой застройки	15718 м <sup>2</sup>	15676 м <sup>2</sup>	14957 м <sup>2</sup>
Численность населения	2512	1320	2700
Тип застройки			
Площадь порта	25000 м <sup>2</sup>	52190 м <sup>2</sup>	86668 м <sup>2</sup>
Наличие Аэропорта	10569		
Площадь Аэропорта	25200 м <sup>2</sup>		
Кол-во строений	140	186	137
Укрупненная стоимость строительства поселка	5 276 133 620,00 Р	7 061 733 620,00 Р	5 042 133 620,00 Р
Общий тоннаж	5463	3919	4675
Стоимость доставки строительных материалов (зимний период)	45 523 179,00 Р	32 657 027,00 Р	38 956 775,00 Р
Стоимость доставки строительных материалов (летний период)	30 046 500,00 Р	21 554 500,00 Р	25 712 500,00 Р

системы якорения и затем была подобрана цепь определенного патрона и якорь.

В данной компоновке использовались складские мощности, для хранения топлива были использованы сами понтоны, т. к. внутри они являются полыми и имеют ряд переборок. Также для удобства в эксплуатации был запроектирован аэропорт для малой авиации. Что касается жилищного вопроса, то были использованы блочно-мо-

дульные здания, каждое здание рассчитано на 200 человек и оборудовано по типовому проекту, также были использованы административно-бытовые комплексы (столовые, фельдшерский акушерский пункт), административные комплексы.

Стоимость строительства поселка городского типа наплавным способом напрямую зависит от ряда показателей, таких как:

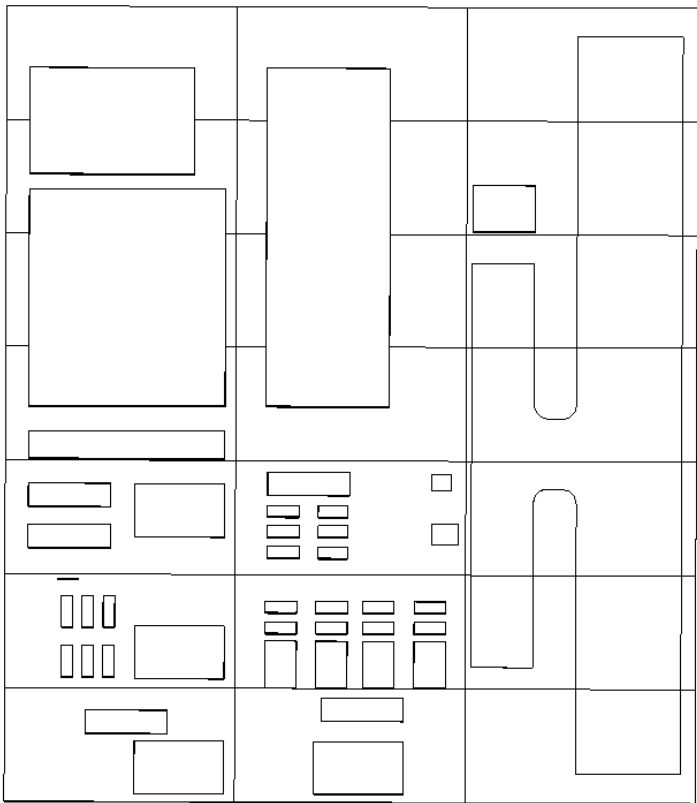


Рис. 3. Вид сверху эскиз-проект наплавного варианта

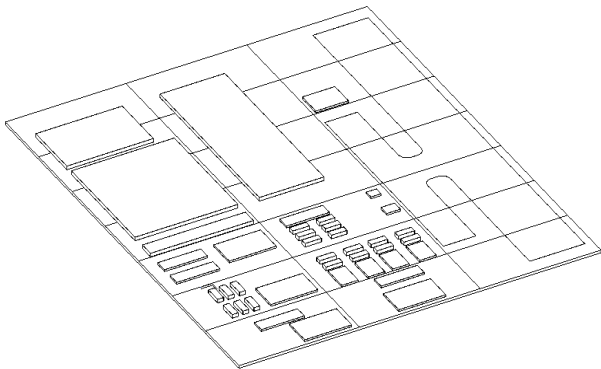


Рис. 4. Вид сбоку эскиз-проект наплавного варианта

Таблица 2. Техничко-экономические показатели ПГТ наплавного типа

	ПГТ Тип 4 (Наплавной способ)
Стоимость доставки летняя навигация	675 000 000,00 Р
Стоимость доставки зимняя навигация	780 000 000,00 Р
Стоимость 1 понтона	800 000 000,00 Р
Кол-во понтонов	21
Общая площадь	944805 м2
Численность населения	4000
Кол-во строений	41
Цена 1 м2 строений	132000
Общая стоимость строительства	20 802 700 860,00 Р

1. Удаленность базы строительства
2. Удаленность размещения
3. Кол-во понтонов и тип
4. Летняя либо зимняя навигация

### **Транспортная инфраструктура**

Для выполнения задач широкомасштабного освоения и развития Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) в первую очередь с учетом того, что Восточная Сибирь и побережье Северного Ледовитого океана (СЛО) являются территорией с малоразвитой транспортной инфраструктурой, необходимо создать эффективно функционирующую арктическую транспортную систему на базе существующих и вновь построенных транспортных магистралей. Поэтому интенсификация освоения этих пространств сопряжена с колоссальными затратами, а с учетом демографической ситуации в стране — и со сложностью набора рабочей силы. Так как арктическая транспортная система является неотъемлемой частью транспортной системы России, вопросу развития и эксплуатации транспорта в Арктике руководство страны уделяет повышенное внимание

Транспортные перевозки в арктических районах осуществляются автомобильным, воздушным, железнодорожным и водным видами транспорта. Ключевое значение для развития российской Арктики в современной геополитической ситуации имеет обеспечение интересов России на морских маршрутах, но эти маршруты должны иметь эффективное сопряжение на побережье с маршрутами других видов транспорта.

### **Сухопутный транспорт**

Одну из основных нагрузок по транспортировке грузов в сухопутной части Арктики несет трубопроводный транспорт, являющийся основным при перевозке углеводородов. К числу проектов, реализуемых на арктических территориях, относятся строительство нефтепровода Пурпе — Сомотвор (488 км) пропускной способностью 45 млн т в год нефти от Ванкорского месторождения Красноярского края с поставкой ее в трубопроводную систему Восточная Сибирь — Тихий океан и далее на экспорт. Новые центры газодобычи и газотранспортную систему на полуострове Ямал создают «Газпром» и «Транснефть». Здесь строятся трубопроводы протяженностью свыше 2100 км Бованеково — Ухта и Бованеково — Ухта-2. К 2030 г. планируется ввести в эксплуатацию газопроводы от месторождений Обской и Тазовской губ. Автодорожная сеть в российской Арктике характеризуется неравномерным развитием. Имеются субъекты, у которых отсутствует круглогодичный выход на автодорожную сеть России (Ненецкий автономный округ). Для связи с Республикой Коми в зимний период от Нарьян-Мара до Усинска ежегодно строится временная автомобильная дорога, так называемый зимник, протяженностью свыше 70 км.

Сложные природные условия территории Арктики приводят к повышению трудоемкости строительства дорог в 2–2,5 раза по сравнению с континентальными тех-

нологиями, к удлинению сроков строительства втрое. Для обеспечения транспортной доступности арктических территорий необходимо создать вездеходную технику для строительства объектов различного назначения и удовлетворения социально-экономических потребностей людей, проживающих на этих территориях

### **Внутренние водные пути**

Внутренний водный транспорт играет важную роль в транспортной обеспеченности арктических территорий. Однако сейчас имеются значительные проблемы, препятствующие его полноценному использованию. К этому надо добавить, что недостаточное финансирование ведет к ухудшению состояния водных путей, снижает их доступность на территориях со слабо развитым сухопутным сообщением. К сожалению, внутренним водным путям присущи значительные недостатки. Прежде всего это сезонность работы. Зимой реки замерзают, и даже серьезное потепление, которое сейчас отмечается в Арктике, не приводит к существенному увеличению сроков их возможного использования. Другие ограничения связаны с их мелководностью, снижением протяженности. Эта проблема усугубляется маловодностью ряда рек. В таких условиях более половины судов не могут ходить с полной загрузкой, что ведет к увеличению числа убыточных рейсов. Около 80 % водных путей России являются единственной возможностью доставки грузов и обеспечения северного завоза.

### **Воздушный транспорт**

Проблему транспортной доступности удаленных районов арктических территорий должен решать воздушный транспорт — как самый скоростной. Хотя в стране разрабатываются новые типы самолетов и вертолетов, строятся новые аэропорты и взлетно-посадочные полосы, ситуация с воздушным сообщением в российской Арктике практически не меняется. По-прежнему основным видом воздушных судов остаются самолет Ан-24 и вертолет Ми-8. Многие самолеты этого типа давно должны были быть выведены из эксплуатации. Значительную часть местных рейсов осуществляют очень дорогие, рассчитанные на выполнение оборонных задач массивные вертолеты Ми-8 (стоимость одного летного часа — 300 тыс. руб.). В АЗРФ действуют разные аэродромы: с искусственным покрытием, грунтовые, с системами светосигнального оборудования, авиаплощадки. Для обеспечения функционирования социально значимых аэропортов на территории АЗРФ созданы четыре федеральных казенных предприятия на базе 16 аэродромов

### **Заключение**

Арктическая зона является приоритетной точкой освоения в Российской Федерации. Богатая ресурсная база дает толчок к созданию новых опорных пунктов освоения территории, созданию инфраструктуры как транспортной, так и жилой. Создание новых проектов, таких как «Ямал СПГ», «Арктик-СПГ 2», даст местным народам новые рабочие места, а развитие транспортной ветви как железнодорожной, так и автомобильной даст возможность спо-



койно и безопасно в любое время года перемещаться между городами и арктическими центрами.

Подводя итоги, можно сказать, что строительство поселка городского типа наплавным способом в 4 раза дороже, чем строительство традиционным, данная стоимость строительства обусловлена сложностью доставки, монтажа, а также производства понтонов. Только до-

ставка такой мега конструкции обойдется в летнюю навигацию порядка 650 млн. рублей. Именно данное технико-экономическое обоснование помогает нам провести анализ и прийти к выводу о том, что традиционное строительство баз, порт-пунктов и любых других поселений разного назначения будет наиболее рациональной и выгодней, чем создание наплавной мега конструкции

#### Литература:

1. The geocultural space of the Arctic: Landscape visualization and ontological models of imagination / Zamyatin D. N. // Tomsk State Pedagogical University — 2021. — Volume 204. — P. 84–94. [https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85104504013&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=urban-type+settlement+in+arctic&sid=4eff3a937e04c9642128310f195a330b&sot=b&sdt=b&sl=36&s=ALL %20urban-type+settlement+in+arctic %29&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85104504013&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=urban-type+settlement+in+arctic&sid=4eff3a937e04c9642128310f195a330b&sot=b&sdt=b&sl=36&s=ALL%20urban-type+settlement+in+arctic%29&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=)
2. Евгеньева, Т. А. Бадылевич Р. В. Север и Арктика в новой парадигме мирового развития: актуальные проблемы, тенденции, перспективы // Институт экономических проблем. — 2016. — № 1. — с. 135–165. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27193862>
3. Алексеев, Н. Н. Востриков С. С. Создание модели города замкнутого цикла в экстремальной среде Арктики на примере разработки проекта градостроительного развития поселка городского типа Тикси Республики САХА (Якутия) // Инновации и инвестиции. — 2019. — № 4. — с. 210–240. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41443016>
4. Евтюков, С. А. Колчеданцев Л. М. Тилинин Ю. И. Исследование технологии возведения каркасно-панельных и модульных зданий в Арктике // Вестник гражданских инженеров. — 2021. — № 5(88). — с. 52–67. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47285392>
5. Architectural Design and Regulation / Imrie R., Street E. // Blackwell Publishing Ltd. — 2011. — Volume 95. — P. 12–26. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781444393156>
6. Юдина, А. Ф. Евтюков С. А. Разработка технологии монтажа пространственной конструкции на основании экспериментально-теоретических исследований перекрестно-балочной системы // Вестник гражданских инженеров — 2021. — № 2(85). — 102–107 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45985697>
7. Approaches to nordifikation of high-latitude construction engineering / Inzhutiv I. S. Zhadanov V. I. // Journal of Siberian Federal University. Engineering and technologies — 2019. — Volume 2. — P. 222–230. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37293056>
8. Географы впервые выделили типы городов Российской Арктики [Электронный ресурс] // Русское географическое общество — Режим доступа: <https://www.rgo.ru/ru/article/geografy-vpervye-vydelili-tipy-gorodov-rossiyskoy-arktiki>
9. Арктические порты начинают новую жизнь [Электронный ресурс] / GoArctic-Режим доступа: <https://goarctic.ru/work/arkticheskie-porty-nachinayut-novuyu-zhizn/>
10. Арктические транспортные магистрали на суше, акваториях и в воздушном пространстве [Электронный ресурс] / Арктика экономика и экология — Режим доступа: <http://arctica-ac.ru/article/39/>
11. Демографические процессы российской Арктики [Электронный ресурс] / Александр Акимов — Режим доступа: <https://aleksandrakimov.ru/posts/demograficheskie-processy-rossiyskoy-arktiki>
12. Развитие арктических портов России [Электронный ресурс] / Морские вести России — Режим доступа: <http://www.morvesti.ru/themes/1700/62857/>
13. Впервые проведена типология большинства населенных пунктов Российской Арктики [Электронный ресурс] / Научная Россия-Режим доступа: <https://scientificrussia.ru/articles/vpervye-provedena-tipologia-bolsinstva-naselennyh-punktov-rossijskoj-arktiki>
14. Приказ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» [Электронный ресурс] / Официальный интернет-портал правовой информации — Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202010260033?index=12&rangeSize=1>
15. Стратегия развития Арктики до 2035 года [Электронный ресурс] / Арктика 2035 — Режим доступа: <https://www.arctic2035.ru/>
16. Грубов, В. А., Дембич А. А., Михайлов С. М. Градостроительное проектирование: учебное пособие для вузов. — Казань, КХТИ им.С. М. Кирова, 1985.
17. Винтовые сваи для вечномёрзлых грунтов [Электронный ресурс] / Бэником — Режим доступа: <https://www.benikom.ru/vintovye-svai> Винтовые сваи для вечномёрзлых грунтов [Электронный ресурс] / Бэником

18. ГОСТы для Арктики [Электронный ресурс] / Российская газета — Режим доступа: <https://rg.ru/2020/05/19/reg-szfo/nachata-razrabotka-novyh-pravil-stroitelstva-za-poliarnym-krugom.html>
19. ВСП 33–01–99 Инструкция по расчету и проектированию якорных систем плавучих объектов ВМФ [Электронный ресурс] / Госты, нормативы — Режим доступа: <http://gostrf.com/normadata/1/4293827/4293827479.pdf>
20. ГОСТ 17424–72 Тумбы швартовые морские. Технические условия [Электронный ресурс] / Докипедия — Режим доступа: <https://dikipedia.ru/document/5167561>
21. ГОСТ 25192–2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования. [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200100938>
22. ГОСТ-228–79 Цепи якорные с распорками. Общие технические условия [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200012481>
23. Рекомендации, касающиеся технических предписаний для судов внутреннего плавания [Электронный ресурс] / Дунайская Комиссия — Режим доступа: <https://clck.ru/Vmb7y>
24. СП 369.1325800.2017 Свод правил. Платформы морские стационарные. Правила проектирования. [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/550965732>
25. СТО НОСТРОЙ 2.30.154 Гидротехнические работы. Системы удержания сооружений в месте эксплуатации. Правила и общие требования к производству и приемке работ по монтажу и установке [Электронный ресурс] / Библиотека нормативной документации. — Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293744/4293744447.htm>
26. Гидротехнические работы. Системы удержания сооружений в месте эксплуатации. Правила и общие требования к производству и приемке работ по монтажу и установке [Электронный ресурс] / Files Stroy Inf. — Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293744/4293744447.htm>
27. Исмагилова, С. Х.: Малый сад: — программа-задание и методические указания к курсовому проектированию для студентов специальности 270301 «Архитектура». — Казань, КГАСУ, 2010.
28. В. М. Грузинов Ю. В. Зворыкина Г. В. Иванов Ю. Ф. Сычев О. В. Тарасова Б. Н. Филин Арктические транспортные магистрали на суше, акваториях и в воздушном пространстве// Экономика и управление народным хозяйством Арктической зоны — 2018. — УДК656.02;656.078. — 14–15 с.
29. В. С. Волков, Т. Г. Маштакова Поселок Городского типа на 3000 жителей// Волгоградский государственный технический университет — 2018. — УДК 69.002.5(076.5). — 39–41 с.
30. В. В. Анашвили В. Н. Данилов А. А. Смирнов Городские исследования и практики// Факультет городского и регионального развития-2020. — Том 5(1) — 155–160 с.

## Состояние проблемы изученности особенностей разрушения морского льда при воздействии на морские сооружения

Чертихин Дмитрий Игоревич, студент  
Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)

*Арктический шельф имеет огромный ресурс для развития нефтегазовой отрасли. Акватория морей, покрываемых сезонным ледовым покровом, является очень перспективным местом для развития ресурсного потенциала страны. В обзорной статье рассматривается недостаточная изученность особенностей разрушения морского льда при воздействии на морские сооружения, а также насколько важна надежность сооружений арктического шельфа и его типы.*

**Ключевые слова:** морской лед, ледовая обстановка, проектирование, надежность конструкции, ледяной покров, арктический шельф.

### Введение

Из-за ограниченного запаса ресурсов на суше началось обширное изучение залежей нефти и газа в морях, в результате которых было найдено большое количество нефти, залегающей на глубине. Острая необходимость в строительстве уникальных технических со-

оружений для бурения, добычи и транспортировки углеводородов возникла после их обнаружения. Интерес к решению проблем обеспечения высокого уровня качества и надежности конструкций в суровых ледовых условиях значительно возрос, поскольку морское бурение подразумевает агрессивные условия, в ко-

торых сооружение работает совсем по-другому, нежели на суше.

Сложные условия строительства и эксплуатации сооружений различного типа и назначения способствуют ускоренной эволюции в области определения динамических характеристик ледяного покрова. Чтобы обеспечить высокий уровень надежности конструкций, необходимо решить задачи надежного определения параметров, которые необходимы для внесения их в динамический расчёт.

Таблица 1. Характеристики льдов различных возрастных категорий

Вид льда	Толщина, см	Соленость, ‰	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Нилас	3–10	13–18	830–916
Серый лед	10–15	7–10	810–890
Серо-белый лед	15–30	2–7	780–890
Белый лед	30–70	2–7	700–900

Плотность морского льда незначительно отличается от пресноводного. По данным исследований В. В. Богородского [1], В. В. Лаврова [2], М. И. Серикова [3], В. Н. Смирнова [4] плотность морского льда колеблется в пределах  $\rho_{\text{л}} = 840 \div 930 \text{ кг/м}^3$ .

Пористость льда определяется условиями его образования и роста. В общем можно отметить тенденцию к образованию максимумов пористости верхних и нижних слоев ледяного покрова.

Энергия деформирования, отнесенная к единице массы льда, даже при его разрушении на порядок меньше внутренней энергии кристаллической решетки [5]. Это свидетельствует о том, что упругие деформации льда невелики.

Механические свойства льда, определяемые его упругими константами, сравнительно слабо зависят от его солености и температуры, в то время как влияние этих факторов на остальные механические характеристики велико.

Механические свойства льда как материала демонстрирует сходство с механическими свойствами керамических материалов, среди них прочность на разрыв, упругие свойства и прочность на разрыв. Все эти показатели свойств значительно ниже аналогичных свойств керамических материалов.

Эти отличия можно объяснить различиями на уровне атомных связей данных материалов. Фундаментальные исследования в этом направлении представляют особое значение, так как изученные свойства льда, анализ их зависимостей и способность прогнозирования изменения показателей различных свойств могут найти широкое применение в изучении регионов, в которых особой проблемой являются особые ледовые условия, такие как Арктика.

Примечательно, что прочность на растяжение льда относительно чувствительна к температуре и скорости деформации, а прочность на сжатие зависит от этих переменных. Необходимо проводить большее количество исследований для более подробного описания механизма механической деформации.

### Физико-механические свойства льда

Для оценки влияния физико-механических характеристик льда на напряженно-деформированное состояние ледяного покрова вначале рассмотрим реально возможные диапазоны изменения интересующих параметров.

В зависимости от возраста льды имеют различную соленость, а, следовательно, и плотность. Наиболее велика изменчивость солености и плотности у молодых льдов (табл. 1).

Мало иметь представление о физико-механических свойствах льда, нужно ещё и тщательно наблюдать за ледовой обстановкой, которая происходит в морях с различной ледовитостью, дабы понять процесс разрушения и воздействия льда на сооружения в различных условиях.

### Методы исследования структуры льда

К наиболее распространенным методам исследований строения льда относятся визуальный, кристаллооптический и контактный. Предметом исследования при использовании каждого из них являются пластины льда различных размеров и толщины, выпиленные из керна и соответствующим образом обработанные. При этом для определения пространственной ориентации кристаллов выбуриваемый керн льда должен быть предварительно азимутально ориентирован. Такая ориентировка обычно производится с помощью надпила его верхней поверхности в выбранном направлении до его извлечения из ледяного поля.

Основные методы наблюдения за ледовой обстановкой, используемые при изучении структуры ледовых образований, включают в себя следующие способы:

- Спутниковые наблюдения
- Авиаразведка
- Аэровидео, фотосъемка
- Исследования подводнымисонарами
- Стереoaэрофотосъемка
- Лазерное профилирование
- Исследования РЛС бокового обзора
- Ледокольные экспедиции

### Специфические условия возведения и выбор типа сооружений для арктического шельфа

К техническим средствам разведки и разработки морских месторождений в условиях низких температур предъявляются повышенные требования по надежности и устойчивости к климатическим условиям. В целом, работы на шельфе содержат следующие потенциальные риски — природные, технические, инфраструктурные, экологические (таблица 2).

Таблица 2. Потенциальные риски освоения арктического шельфа

Группа рисков	Проблемы
Естественные	<ul style="list-style-type: none"> <li>— чрезвычайно низкие температуры;</li> <li>— сильный ветер;</li> <li>— плавающие айсберги;</li> <li>— круглогодичное замерзание воды;</li> <li>— сейсмическая активность;</li> <li>— неглубокие придонные залежи свободного газа;</li> <li>— аномально высокое пластовое давление.</li> </ul>
Технические	<ul style="list-style-type: none"> <li>— наличие специализированного оборудования;</li> <li>— наличие технологий ликвидации последствий разлива нефти.</li> </ul>
Инфраструктурные	<ul style="list-style-type: none"> <li>— отсутствие прибрежной транспортной инфраструктуры;</li> <li>— отсутствие инфраструктуры логистики;</li> <li>— короткая продолжительность навигационного периода.</li> </ul>
Экологические	<ul style="list-style-type: none"> <li>— последствия возможного разлива нефти;</li> <li>— наличие многочисленных захоронений ядерных отходов на морском дне</li> </ul>

Характерными усугубляющими факторами при проектировании и строительстве в данном регионе являются большие по величине значения отрицательных температур, которые отмечаются на протяжении долгого периода времени. Данное обстоятельство необходимо учитывать при выборе строительных материалов. Температурный режим региона, в свою очередь, влияет на физико-механические свойства льда, что приводит к значительным по величине нагрузкам на сооружения от ледовых полей и торосистых образований.

Также, с точки зрения инженерно-геологических условий, Арктический регион характеризуется наличием вечномёрзлых грунтов, которые обладают специфическими физико-механическими свойствами. Учет данных свойств важен, как с точки зрения выбора технологии возведения сооружения, так и с точки зрения выбора типа конструкции и ее несущих элементов.

Немаловажной, с точки зрения строительства сооружения, является оторванность мест строительства от строительно-индустриальных баз и трудность освоения строительных площадок, что также влияет на выбор конструктивных решений.

Опираясь на информацию, изложенную в нормативных документах: [1], [2], [6], можно составить перечень основных (ключевых) требований или направлений, по которым следует вести повышение надежности конструкции на стадии проектирования. Общая нацеленность требований заключается в противодействии высоким по величине ледовым нагрузкам и истирающему воздействию льда. Требования охватывают технологии возведения, а также дают общие установки по надежности сооружений, возводимых в условиях Крайнего Севера. Но документы разрабатывались в 90-ых годах Государственным проектно-изыскательским и научно-исследовательским институтом морского транспорта «Союзморниипроект» и на настоящий момент имеется необходимость в обновлении и обобщении вышеприведенной нормативной базы. Проводя расчетные обоснования и констру-

ированием сооружений, чаще всего невозможно руководствоваться одним из нормативных документов в связи наличия в них опечаток и недоработок.

К наиболее важным требованиям, с точки зрения работы конструкции, можно отнести следующее:

- максимально простота и надежность конструкции;
- применение материалов, надежно работающих при низких температурах (стали: ударная вязкость 3 кДж/м<sup>2</sup> при температуре минус 40 град. с гарантией свариваемости; железобетон: высокая марка по прочности, морозостойкость и водонепроницаемость);
- необходимость создания противоледового пояса для тонкостенных конструкций (так как конструкции подвержены истирающему воздействию льда, а также высоким ледовым нагрузкам);
- необходимость учета свойств мерзлого грунта и нацеленность на их использование (смерзшийся грунт обладает в сотни раз более высоким сцеплением по сравнению с обыкновенным грунтом; учет свойств ледогрунта приводит к существенной экономии строительных материалов и как следствие уменьшает стоимость объекта);
- тепло- и гидроизоляция ледогрунтового массива (в случае использования его свойств в работе конструкции);
- отсутствие выступающих частей для уменьшения воздействия льда на сооружение;
- необходимость учета термического расширения льда в полости сооружения, а также в полых конструктивных элементах (полости конструктивных элементов необходимо заполнять бетоном либо пескоцементом);
- в случае возможности гидростатического давления воды применять дренажные устройства, которые должны сохранять свою работоспособность в суровых ледовых условиях.

#### Сравнение действующих российских и зарубежных норм расчёта ледовых нагрузок на отдельно стоящие сооружения

Вопрос о сравнении адекватности и «работоспособности» норм расчета ледовых нагрузок на шельфовые



сооружения всегда был актуальным для проектировщиков, если учесть, что ошибка в сторону занижения нагрузки может привести к катастрофе из-за разрушения несущих элементов основания платформы, имеющей колоссальную стоимость, а чрезмерное завышение — к соответствующему неоправданному удорожанию проекта.

Анализ «адекватности» отечественных нормативных документов по расчетам ледовой нагрузки на шельфовые сооружения для добычи газа [7] в сравнении с рекомендациями международного стандарта ISO 19906:2010(E) [8], выполненный в 2013 году Громовой [9] показал значительные расхождения результатов, полученных из расчетов по различным российским нормативным документам (Табл. 3) — до 3-х раз.

Таблица 3. Результаты расчетов нагрузки от ровных ледяных полей на цилиндрический опорный блок различных нормативных документов при одинаковых исходных условиях — по [9]

Наименование нормативного документа	Формула	Расчетная ледовая нагрузка, МН		Превышение
		Средняя	Максимальная	
Методические указания по определению ледовых нагрузок на опоры мостов.	$F_{cm} = m \cdot R_e \cdot b \cdot h_{lp} \%$	50,37	84,72	1,8
СНиП 2.06.04–82*, 1995 г. «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)».	$F_{b,p} = m \cdot R_b \cdot b \cdot h_d$	73,64	121,35	2,6
ВСН 41.88 «Проектирование морских ледостойких стационарных платформ».	$F_{b,p} = m_1 \cdot K_b \cdot R_c \cdot b \cdot h_d$	71,15	143,82	3,1
СТО Газпром 2–3.7–29–2005 «Методика расчета ледовых нагрузок на ледостойкую стационарную платформу»	$F_l = m \cdot k \cdot R_c \cdot D \cdot h_d;$ $(F_w = p_{eff} \cdot D \cdot h_d)$	43,37 (58,13)	72,58 (88,13)	1,9
ISO 19906:2010 «Нефтяная и газовая промышленность — арктические морские сооружения».	$F_G = p_G \cdot h \cdot w$	32,62	46,65	1,0

Следует отметить, что с целью снижения различий результатов сравнительных расчетов значений ледовой нагрузки для одних и тех же сооружений, и параметров льда, в СССР были изданы специальные «Рекомендации» по методике испытаний физико-механических свойств льда. Позднее международное сообщество исследователей и инженеров-ледотехников создало рабочую группу для разработки единого метода испытаний образцов льда, которая в 1984 году представила на международном симпозиуме по механике льда согласованные «Рекомендации по методу тестирования образцов льда», которые были приняты в качестве международного стандарта [10].

#### Надежность конструкций МНГС

На сегодняшний день основополагающим фактором при постройке МНГС является надёжность. Объясняется это тем, что нефтегазовая станция является чрезвычайно сложным и ответственным объектом строительства. Поскольку, при обрушение несущей конструкции, компания потеряет огромную доходность со станции, будет потрачено огромное количество средств на ремонт платформы, если она будет оставаться ремонтпригодной, также, при значительном обрушении платформы, возможно большое количество жертв среди обслуживающего персонала платформы.

Повышенные требования к безопасности шельфового сооружения обуславливают исключительную важность

комплекса расчётов сооружения — как этапа проектирования, на котором именно и решается вопрос выбора эффективной конструкции, и где в качестве основного критерия ее эффективности рассматривается надёжность или долговечность сооружения.

Прогнозирование надёжности, как частный случай расчета надёжности такого технически сложного и весьма дорогостоящего объекта как МНГС, должен осуществляться в полном соответствии с положениями и требованиями, регламентированными системой Межгосударственных и российских стандартов серий «Надёжность в технике» и «Надёжность строительных конструкций и оснований» [11, 12, 13, 14], устанавливающих состав и общие правила задания требований по надёжности; общие правила расчета надёжности технических объектов; требования к методикам и порядок представления результатов расчета надёжности.

Согласно определению Межгосударственного стандарта «Надёжность строительных конструкций и оснований» [14], надёжность строительного объекта есть: «Способность выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации». Следовательно, надёжность МНГС надо рассматривать как совокупность трех групп требований: по безопасности, эксплуатационной пригодности и долговечности. Поэтому, морское ледо-



стойкое сооружение должно иметь такие начальные расчетные характеристики, чтобы с надлежащей степенью надёжности при различных расчётных воздействиях удовлетворять требованиям:

- безопасности: исключению возможности разрушения или нарушения устойчивости сооружения;
- эксплуатационной пригодности: не возникновению повреждений, затрудняющих нормальную эксплуатацию сооружения и его оборудования;
- долговечности: удовлетворению требованиям по безопасности и эксплуатационной пригодности в течение установленного длительного времени.

Эти характеристики надёжности относятся к качественным определениям, но для оперирования в проектной практике этого недостаточно, потому что расчет надёжности МНГС на этапе его проектирования имеет свои цели:

- обоснование количественных требований по надёжности к объекту или его составным частям [11];
- проверка соответствия ожидаемого (достигнутого) уровня надёжности объекта установленным требованиям (контроль надёжности), если прямое экспериментальное подтверждение их уровня надёжности невозможно технически или нецелесообразно экономически.

#### Литература:

1. Богородский, В. В. Физические методы исследования ледников / Богородский В. В. — Л.: Гидрометеиздат, 1968. — 214 с.
2. Лавров, В. В. Деформация и прочность льда / Лавров В. В. и др.-Л.: Гидрометеизд, 1969. — 206 с.
3. Сериков, М. И. Определение модуля упругости льда резонансным методом // Проблемы Арктики, 1959 — вып. 6
4. Смирнов, В. Н. Некоторые вопросы натурального исследования деформаций и напряжений в ледяном покрове: Труды ААНИИ.-Л.: Гидрометеизд, 1976.
5. Хейсин, Д. Е., Лихоманов В. А. Экспериментальное определение удельной энергии механического дробления льда при ударе. — «Проблемы Арктики и Антарктики», 1973.
6. Богородский, В. В., Гаврило В. П. Лед: Физические свойства: Современные методы гляциологии, Гидрометеиздат, 1980. — 384 с.
7. Muhonen, A. Evaluation of three ice-structure interaction models / A. Muhonen // A thesis for the degree of Licentiate of Technology. Helsinki University of Technology, 1995. 90 p.
8. Сазонов, К. Е. Развитие морской ледотехники в России: история и современность / К. Е. Сазонов // Арктика: экология и экономика. 2013. № 2(10). — с. 92–103.
9. Reddy, D. V. Stochastic Response of a Three-dimensional Tower to Ice Forces / D. V. Reddy, P. S. Cheema, A. S. J. Swamidas, A. K. Haidar // Proc. 3rd Int. Symposium on Ice Problems, Hanover, USA. — P. 499–514.
10. Ромбах, В. П. Введение в физику разрушения. Ч. 1. Эдмондс, США. — с. 320. — URL: [www.docplayer.ru/28100302-V-p-rombah-vvedenie-v-fizikurazrusheniya.html#show\\_full\\_text](http://www.docplayer.ru/28100302-V-p-rombah-vvedenie-v-fizikurazrusheniya.html#show_full_text) (Дата обращения 11.03.2022).
11. Palmer, A. C. Fractal Crushing of Ice and Brittle Solids / A. C. Palmer, T. J. O. Sanderson // Proc. Mathematical and Physical Sciences. 1991. V. 433, No. 1889. — P. 469–477.

На самом деле, срок службы любого сооружения, как критерий надёжности, определяется большим числом факторов и может иметь различную «природу». Для многих из них он может определяться расчетом по предельным состояниям с учетом сложной совокупности ресурсов прочности и долговечности конструкционных материалов с одной стороны и интенсивностью внешних воздействий на конструкцию — с другой стороны.

#### Заключение

Были рассмотрены вопросы, касающиеся основных характеристик ледового покрова, основных характеристик надёжности ледостойких конструкций в целом.

Проанализированы потенциальные риски освоения арктического шельфа и выделены четыре группы рисков.

Также, рассматривая «адекватность» отечественных нормативных документов по расчетам ледовой нагрузки на шельфовые сооружения для добычи газа в сравнении с рекомендациями международного стандарта ISO 19906:2010(E), который показал значительные расхождения результатов, полученных из расчетов по различным российским и зарубежным нормативным документам, можно сделать вывод, что единой «идеальной» методики расчёта динамических характеристик ледовой нагрузки не существует, поэтому каждый берёт для себя наиболее подходящую методику.

## МЕДИЦИНА

### **B12-дефицитная анемия: общая характеристика, профилактика, лечение**

Альмухаметова Дана Рустэмовна, ординатор

Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова (г. Санкт-Петербург)

**В**12-дефицитная анемия (мегалобластная анемия, пернициозная анемия, болезнь Аддисона-Бирмера) одна из форм мегалобластной анемии, возникающая вследствие недостатка в организме цианкобаламина (витамина B12). Отличительными морфологическими признаками выступают гиперхромия эритроцитов и мегалобластный эритропоэз. Характерными также являются морфологические аномалии других ростков кроветворения в костном мозге, цитопении и гиперсегментации ядер нейтрофилов в крови. Дефицит витамина B12 могут вызвать различные этиологические факторы, которые могут быть как наследственными так и приобретаемыми в течении жизни.

Данный вид анемии относительно часто встречается в популяции, 1500 случаев на 1 млн. населения. Частота выявления варьирует в разных возрастных группах: после 60 лет дефицит витамина B12 обнаруживают у одного из 50 человек, после 70 — у каждого пятнадцатого. В соответствии с этим, в некоторых странах концентрацию витамина B12 в сыворотке крови определяют пожилым людям в порядке диспансеризации. Клинические проявления долгое время не прослеживаются, т. к. они наступают лишь после полного истощения запасов, что при отсутствии поступления цианкобаламина наступает через 2 года. Нехватка витамина B12 может наблюдаться у взрослых и детей при различных заболеваниях: глистной инвазии широким лентецом, при редких врожденных заболеваниях, иммунных заболеваниях, причиной которых является выработка антител к внутреннему фактору. Причина может быть в неправильном питании, диете, удалении желудка или части кишки. Для уточнения причины требуется индивидуальное полноценное обследование. При нехватке в организме витамина B12 развивается анемия, потеря веса, хронический гастрит, глоссит (воспаление языка), слабость в конечностях и другие неврологические нарушения. У детей отмечается также ухудшение успеваемости и отставание в развитии. Однако, при своевременном распознавании B12 дефицитная анемия легко поддается лечению.

#### **Этиология. Патогенез**

В 1855 году английский врач Томас Аддисон, а в 1872 г немецкий врач А.Бирмер описали болезнь, которую называли злокачественной (пернициозной) анемией. В 1926 г. Д.Уипл, Д.Майнот и У.Мерфи сообщили, что пернициозная анемия лечится введением в рацион питания сырой печени и что в основе заболевания лежит врожденная неспособность желудка секретировать вещество, необходимое для всасывания витамина B12 в кишечнике. За это они в 1934 г получили Нобелевскую премию. В научной литературе под витамином B12 обычно подразумевают цианкобаламин, который свободно преобразуется в одну из коферментных форм в человеческом организме. В форме цианкобаламина в организм человека поступает основное количество витамина B12. Другое название — «Внешний фактор Кастла». Витамин B12 не синтезируется в организме человека и поступает вместе с пищей животного происхождения. Основные продукты питания, богатые витамином — говяжья, свиная и куриная печень, мясо и молоко жвачных животных, рыба, кисломолочные продукты — сыр, йогурт. Parietalные клетки тела и дна желудка секретируют белок, так называемый «Внутренний фактор Кастла», необходимый для всасывания витамина B12 («Внешний фактор Кастла»). Цианкобаламин связывается в желудке с внутренним фактором Кастла, при кислом значении pH, либо связывается с R-факторами, находящимися в слюне и желудочном соке. Данные комплексы защищают витамин B12 от разрушения при транспортировке по пищеварительной системе. В щелочной среде 12-перстной кишки, под влиянием протеиназ панкреатического сока, цианкобаламин отщепляется от R-протеинов и соединяется с внутренним фактором Кастла.

В подвздошной кишке комплекс внутреннего фактора с кобаламином связывается с помощью ионов кальция со специфическими рецепторами клеток слизистой оболочки, происходит освобождение витамина B12 и транспорт к тканям, транспорт осуществляется с помощью белков плазмы крови — транскобаламинов I, II и III. Транспорт цианкобаламина к гемопоэтическим клеткам

костного мозга осуществляется преимущественно транскобаламином II. Кобаламин переносится в кровотоке, а внутренний фактор Кастла остается в просвете кишечника. После попадания в клетку витамин преобразуется в одну из активных форм: метилкобаламин, принимающий участие в процессе образования тимидина в ДНК и дезоксиаденозилкобаламин, который участвует в образовании жирных кислот и синтеза миелина.

Гиповитаминоз в организме приводит к прекращению образования тимидина, нарушению присоединения уридина к ДНК, что приводит к синтезу нуклеиновой кислоты со структурными дефектами. ДНК быстро разрушается, что является причиной прекращения дальнейшего деления и дифференцировки клеток. Возникает мегалобластный тип кроветворения, раннее разрушение лейкоцитов и тромбоцитов, укорочение жизни клеток. Гемопоэз становится неэффективным, развивается анемия, в сочетании с тромбоцитопенией и лейкопенией. В норме кобаламин является коферментом в реакции метаболизма миелина, из которого состоят оболочки нервных волокон, при недостаточности витамина B12 нарушается проведение нервного импульса по нервам, что проявляется неврологической симптоматикой

#### Классификация, причины развития

B12-дефицитные анемии бывают двух типов:

1. приобретенные
2. наследственные (врожденные)

К наследственным факторам развития относятся:

- дефицит гастромукопротеина
- генетически обусловленные нарушения всасываемости в тонком кишечнике
- наследственный дефицит «внутреннего фактора»
- болезнь Имерслунд-Гресбека
- наследственный дефицит и функциональные аномалии транскобаламина II.

Приобретенные формы:

- снижение продукции или отсутствие «Внутреннего фактора Кастла» вследствие наличия аутоантител к нему или к париетальным клеткам желудка, другие атрофические гастриты, резекция желудка, распространенный полипоз
- заболевания тонкой кишки (хронические энтериты с синдромом нарушенного всасывания, опухоли, в том числе лимфомы, резекции кишечника, болезнь Крона, илеит)
- конкурентное поглощение (дивертикулез с изменением флоры, дифиллоботриоз, синдром «слепой пептлы» при анастомозе тонкой кишки)
- заболевания поджелудочной железы, способствующие повышению кислотности кишечного содержимого (опухоль с образованием гастрина, синдром Золлингера — Эллисона)
- длительный прием некоторых лекарственных препаратов (ингибиторы протонной помпы, метформин и пр.)

— алиментарный дефицит витамина при недостаточном питании либо у лиц, придерживающихся длительное время диет — веганская, вегетарианская.

— Повышенное потребление организмом кобаламина в связи с беременностью

— Инвазия широкого лентеца

#### Клиническая картина

Жалобы: Основные клинические проявления B12 дефицитной анемии включают постепенно нарастающую слабость, апатию, непереносимость физических нагрузок, головные боли, головокружения, шум в ушах, тахикардия, боль в области верхушки сердца. Расстройство пищеварения, вздутие живота (диспептический синдром). Слабость в ногах, парестезии, мигрирующие боли, онемение конечностей, утрата чувствительности пальцев рук (неврологические расстройства). При общем осмотре у пациентов типичны одутловатость лица, отечность, скудная мимика, бледный цвет лица с желтым оттенком, субиктеричность склер. Слизистые желтушны. У молодых пациентов часто раннее поседение волос. Температура тела нормальная или субфебрильная. Размеры селезенки могут быть увеличены. В числе первых жалоб может быть боль и жжение языка. Наблюдается атрофия эпителия языка, сглаженность сосочков, глоссит Хантера, который выражается в появлении на поверхности языка болезненных ярко-красных участков воспаления по краям и кончику языка, может вовлекаться весь язык целиком. При пальпации язык дряблый, поверхность покрыта складками, края в виде зазубрин. Уменьшается количество вкусовых рецепторов. В дальнейшем воспаление уменьшается, сосочки атрофируются, язык становится блестящим и гладким. «Лакированный язык». При отсутствии своевременной диагностики и лечения B12 дефицита развиваются нарушения поверхностной и глубокой мышечной чувствительности, снижение слуха, зрения, арефлексия, в запущенных случаях — нарушение функции тазовых органов и выраженные когнитивные нарушения. Поражается периферическая нервная система, возникают атаксия, гипорефлексия, появление патологических знаков — рефлекс Бабинского.

#### Критерии установления диагноза

Для B12-дефицитной анемии характерно сочетание гематологических нарушений с патологией желудочно-кишечного тракта и наличием симптомов поражения нервной системы.

3 основных клинических синдрома B12-дефицитной анемии:

- гематологический синдром
- гастроэнтерологический синдром (атрофический глоссит, энтерит, нарушение функций ЖКТ)
- Неврологический синдром

Перечень основных диагностических мероприятий:

- ОАК (12 показателей)
- Биохимический анализ крови
- B12 сывороточное железо, ферритин, ОЖСС, ретикулоциты крови

- ОАМ
- Рентгенография грудной клетки
- ЭКГ

Перечень дополнительных диагностических мероприятий

- Флюорография
- Эзофагогастродуоденоскопия
- Узи брюшной полости, почек
- Рентгенологическое исследование органов ЖКТ по показаниям
- Рентгенологическое исследование органов ЖКТ по показаниям
- Фиброколоноскопия
- Ректороманоскопия
- Узи щитовидной железы
- Стерильная пункция для дифференциальной диагностики, после консультации с гематологом, по показаниям

Инструментальные исследования

Эзофагогастродуоденоскопия с биопсией слизистой оболочки желудка, исследование желудочной секреции, УЗИ органов брюшной полости, рентгеноскопия желудка.

При подозрении на В12 дефицитную анемию в детской практике следует обратить внимание на возможные проявления синдрома мальабсорбции, подробно выяснить характер питания матери до и во время беременности, в период кормления грудью.

Дети, в питании которых недостаточно витамина В12, с большой вероятностью имеют дефицит других витаминов и микроэлементов (в том числе фолиевой кислоты, железа). Такие пациенты ставятся на диспансерный учет, получив результаты первичного обследования

#### Лабораторные диагностические исследования

Основными лабораторными критериями диагноза В12 дефицитной анемии

— ОАК (уменьшение количества эритроцитов, моноцитов, снижение гемоглобина, повышение цветного показателя, базофильная пунктация эритроцитов, появление мегалобластов, эритроцитов с тельцами Жолли и кольцами Кебота, снижение количества ретикулоцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, гиперхромия, макроцитоз, анизопокилоцитоз, гиперсегментация ядер нейтрофилов, эритроцитопения, абсолютная ретикулоцитопения

Биохимический анализ крови:

— высокая активность ЛДГ, умеренное повышение свободного билирубина, низкий уровень витамина В12 в крови (менее 140 пг/мл), нормальный уровень фолиевой кислоты в сыворотке (более 5 нг/мл)

Важно учитывать дополнительные критерии. Это обнаружение в крови антител к париетальным клеткам желудка, гастромукопротеину или комплексу «Вит В12 + гастромукопротеин». Далее — положительный результат теста Шеллинга (с применением вит В12, меченого С060) для оценки всасывания вит В12 в кишечнике в присутствии гастромукопротеина или без него. Также повышенное выделение с мочой метилмалоновой кислоты (в норме выде-

ляется 0–3.5 мг/сут., при дефиците В12 экскреция возрастает в десятки раз). Больному В12-дефицитной анемией следует проводить исследование кала (на инвазию гельминтами, уровень стеркобилина), мочи. Для уточнения диагноза необходима обязательная пункция костного мозга, т. к. такие изменения крови могут наблюдаться при лейкозе, гемолитической анемии, апластических и гипопластических состояниях

Пунктат костного мозга: мегалобластический тип кроветворения, наличие гигантских миелоцитов, метамиелоцитов и палочкоядерных нейтрофилов. Число ядросодержащих эритроидных элементов увеличено в 2–3 раза выше нормы. Обнаруживаются типичные мегалобласты, от наличия которых зависит постановка диагноза В12 дефицитная анемия. Это клетки с ядерно-цитоплазматической диссоциацией, также обнаруживаются клетки больших размеров гранулоцитарного ростка кроветворения и гигантские мегакарициты. Диагноз может быть поставлен только на основании сочетанного исследования мазков крови и костного мозга

Дифференциальная диагностика В12 дефицитной анемии проводится с другими видами макроцитарных анемий, ассоциированных с:

- дефицитом фолиевой кислоты (Фолиеводефицитная анемия)
- острым эритромиелозом
- миелодиспластическим синдромом
- дефицитом В6
- некоторыми формами латентного гемолиза, при которых макроцитоз обусловлен увеличенным содержанием ретикулоцитов в циркуляции
- апластической анемией
- аутоиммунной гемолитической анемией
- болезнью Маркиафавы — Микели
- аутоиммунной панцитопенией
- ПНГ (пароксизмальная ночная гемоглобинурия).

#### Клинический случай

Пациент В. Возраст 11 месяцев. Направлен к гастроэнтерологу в КДЦД участковым педиатром в связи с малыми весовыми прибавками. Жалобы

матери: задержка психомоторного и физического развития с 6 месяцев, слабость, вялость. Утрата навыков сидения. При поступлении в КДЦД ребенку был произведен клинический анализ крови и биохимический анализ

По результатам от 19.08.2019:

КАК

Полученные данные: референсные значения:

HGB 89 г/л (100–130)

RBC  $2.3 \cdot 10^{12}/л$  (3.6–5.2)

HCT 24.4 % (33–41)

MCV 106.1 фл (71–102)

MCH 38.7 пг (23–31)

MCHC 365 г/л (280–340)

CV 17.2 % (11.5–14.5)

SD 62.9 фл (37–54)

Neut % 23.8 % (15–22)



MONO % 1,9 % (4–10)  
 Mono (абс)  $0,12 \cdot 10^9/\text{л}$  (0,2–1,7)  
 Lymph % 72,2 % (50–70)  
 MPV 12,9 фл (8,3–10,9)  
 (Анализатор Sysmex XN-5)  
 Биохимические исследования  
 Амилаза панкреатическая 1,2 ед/л (3–8)  
 ЩФ общая 110 ед/л (134–518)  
 (Остальные значения в пределах нормы)  
 (Анализатор Cobas c 501)

По результатам полученных данных выявлена гиперхромная макроцитарная норморегенераторная анемия средней степени тяжести. Ребенок направлен на консультацию к гематологу. Первичный осмотр гематолога: До 6 месяцев ребенок развивался в соответствии с возрастом, затем началась утрата приобретенных навыков — перестал сидеть, переворачиваться. Задержка развития. Нарастающая слабость, вялость, бледность. От прикормов отказывается, преимущественно грудное вскармливание. Малые весовые прибавки.

КАК от 26.08.2019  
 HGB 83 г/л (100–130)  
 RBC  $2,25 \cdot 10^{12}/\text{л}$  (3,6–5,2)  
 HCT 24,1 % (33–41)  
 MCV 107,1 фл (71–102)  
 MCH 36,9 пг (23–31)  
 CV 17,2 % (11,5–14,5)  
 SD 63,4 фл (37–54)  
 MONO % 1 % (4–10)  
 MONO абс.  $0,06 \cdot 10^9/\text{л}$  (0,2–1,7)  
 Lymph 76,9 % (50–70)  
 Ret-He 40,5 пг (28–39)  
 Нуро He 1,9 % (0,1–0,5)  
 Нурер He 4,1 % (0,9–1,3)  
 (Анализатор Sysmex XN2000 R, Sysmex XN-5)

Морфология эритроцитов

Анизоцитоз 2

Макроциты 2

Биохимический анализ крови

Общая железосвязывающая способность 42,6 мкмоль/л (45–72)

Остальные значения в пределах нормы

(Анализатор Cobas c501)

Иммунохимические исследования

Вит В12 46 пг/мл (211–911)

(Анализатор Centaur XP-1)

Заключение по результатам исследований: У ребенка выявлена В12 дефицитная анемия. В ходе обследования крови матери, выявлен дефицит витамина В12 (37 пг/мл). Т. к. ребенок на грудном вскармливании, можно предположить алиментарный генез анемии.

Было назначено лечение: Цианкобаламин 400 мкг 1 раз в день в/м. Лечение начато 29.08.2019 г, продолжено до 19.09.19 г.

Динамика

Результаты КАК крови от 12.09.19 г

HGB 107 г/л (100–130)  
 RBC  $3,3 \cdot 10^{12}/\text{л}$  (3,6–5,2)  
 HCT 31,9 % (32–40)  
 MCH 32,1 пг (23–31)  
 CV 21,6 % (11,5–14,5)  
 SD 74,1 фл (37–54)  
 PLT  $504 \cdot 10^9/\text{л}$  (150–400)  
 Нуро He 6,4 % (0,1–0,5)  
 Нурер He 5,9 % (0,9–1,3)  
 (Анализатор Sysmex XN2000 R, Sysmex XN-5)  
 В результатах анализов крови от 30.09.2021

HGB 110 г/л

RBC  $3,8 \cdot 10^{12}/\text{л}$

MCV 87,9

MCH 28,4

Ret He 28,8

Ферритин 16 мкг/л

Железо сыв 6,2 мкм/л

(Анализаторы Sysmex XN2000 R, Sysmex XN-5, Cobas c501, Architect c 16000–1)

По результатам анализа, снижена доза и кратность введения цианкобаламина: В12 по 200 мкг 2 раза в неделю до 20.11.2019. Затем по 100 мкг 1 раз в месяц, 3 месяца.

Диагноз при выписке: В12-дефицитная анемия средней степени тяжести, улучшение. Латентный дефицит железа вторичного генеза, реконвалесцент.

Организация оказания медицинской помощи

Показания для экстренной госпитализации в медицинскую организацию:

— тяжелая анемия с выраженными гипоксическими проявлениями и отсутствие адаптации к сниженному уровню гемоглобина (декомпенсация анемии)

Показания для плановой госпитализации в медицинскую организацию: диспансерное обследование, в том числе при первичной диагностике В12-дефицитной анемии умеренной или тяжелой степени.

Показания к выписке пациента из медицинской организации: регресс симптомов декомпенсации анемии, окончание обследования с целью выявления причины развития дефицита вит В12

#### Лечение

Суточная потребность в витамине В12 составляет 2,4 мкг.

Большинство пациентов с дефицитом В12, манифестирующим мегалобластной анемией и/или неврологической симптоматикой (фуникулярного миелоза), имеют синдром мальабсорбции и требуют неотложного введения цианкобаламина парентерально. Отсутствие своевременной заместительной терапии может привести к развитию необратимой полиорганной недостаточности.

Рекомендуется всем пациентам с установленным диагнозом В12 дефицитной анемии проведение терапии парентеральными лекарственными препаратами витамина В12-цианкобаламин в дозе 200–400 мкг в сутки в/в или в/м, 2–4 недели. Признаки улучшения состояния



пациента на фоне проводимой витаминотерапии в виде уменьшения анемических симптомов появляются после первых 3–5 инъекций вит. В12. Повышение уровня гемоглобина отмечается через 7–10 дней, восстановление других гематологических показателей наступает через 3–5 недель.

По окончании курса лечения витамином В12 клинический анализ крови с учетом ретикулоцитов и, по возможности ретикулоцитарных индексов, контролировать каждые 3–4 месяца. Также об эффективности лечения может говорить положительная динамика сывороточных показателей обмена железа (нормализация показателей ферритина и железа) и гомоцистеина (нормализация показателя).

Лечение В12 дефицитной анемии проводится пожизненно (при неустранимых причинах появления), диспансерное наблюдение должно осуществляться постоянно. Пациентам из группы риска рекомендуется проводить профилактические курсы инъекций цианкобаламина по 500 мкг/сутки по 5–15 инъекций препарата на курс ежегодно. Пациентам с ремиссией В12 дефицитной анемии рекомендуется проводить биохимический анализ крови, включающий в себя определение общего белка, альбумина, АЛТ, АСТ, мочевины, креатинина, ЛДГ, общего билирубина, свободного билирубина, с частотой 1 раз в год для своевременной диагностики рецидива заболевания

#### Профилактика

У здоровых людей осуществляется рациональным питанием, включающим мясные и рыбные продукты. Вегетарианцам рекомендуется включение в рацион молока и сои. Также профилактикой является своевременное выявление и лечение пациентов от дифиллоботриоза (носительство широкого лентеца).

#### Прогноз

Ранняя диагностика В12 дефицитной анемии, своевременное начало лечения и адекватное диспансерное наблюдение после ликвидации анемии, обеспечивают благоприятный прогноз заболевания вне зависимости от возраста пациента. У пожилых пациентов с глубокой анемией прогноз может определяться наличием и характером сопутствующих, в том числе сердечно-сосудистых, заболеваний. Развитие клиники фуникулярного миелоза резко ухудшает прогноз.

#### Заключение

Для точной постановки диагноза «В12 дефицитная анемия», необходимо проведение полного спектра лабораторных исследований, у пациентов с впервые выявленными симптомами анемического синдрома. Для начального этапа скрининга анемии, оптимальным является проведение исследований параметров клеток крови в рамках общего анализа крови: уровня гемоглобина, эритроцитарных показателей, которые позволяют быстро дифференцировать микроцитарную от макроцитарной анемии. На основании ОАК решается вопрос о проведении дополнительных биохимических и иммунохимических исследований. Проведение стерильной пункции и изучение миелограммы позволяет поставить окончательный диагноз в сложно диагностируемых случаях. Существует ряд методов, которые позволят увеличить точность проводимой диагностики. Например, определение холотранскобаламина, как наиболее раннего маркера В12-дефицитной анемии, позволяет обнаружить дефицит витамина на еще бессимптомной стадии. Исследование гомоцистеина и метималоновой кислоты могут выступать в роли дополнительных тестов в дифференциальной диагностике В12-дефицитной анемии или в тех случаях, когда наблюдается клиническая картина В12-дефицитной анемии при нормальном уровне кобаламина.

#### Литература:

1. Министерство здравоохранения РФ. Клинические рекомендации «Витамин В12 дефицитная анемия. 2021 год
2. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 20.12.2012 г. № 1239 «Об утверждении стандарта первичной медико-санитарной помощи детям при В12 дефицитной анемии (при устранимой причине дефицита витамина В12)
3. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 24.12.2012 г. № 1372н «Об утверждении стандарта первичной медико-санитарной помощи детям при В12 дефицитной анемии (при неустранимой причине дефицита витамина В12)»
4. Андреева, Э.Ф., Савенкова Н. Д., Мясников А. А., Суспицын Е. Н., Харисова Э. Р. Протеинурия и В12 дефицитная анемия в структуре синдрома Иммерслунд-Гресбека: клиническое наблюдение (текст): Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2017
5. Аргунова, Е.Ф., Кондратьева, С.А., Ядреева, О.В., Протопопова, Н. Н. Мегалобластные анемии у детей (текст): Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Серия: Медицинские науки. 2018. № 3 (12). — с. 12–16
6. Афанасьев, Б. В., Ганапиев, А. А., Зубаровская, Л. С., Мамаев, Н. Н., Михайлова, Н. Б., Моисеев, С. И., Морозова, Е. В., Папаян, Л. П., Шитикова, А. С. Гематология. Руководство для врачей (текст). Санкт-Петербург, 2019. (3-е издание, дополненное и исправленное)
7. Баева, Е. А. Морфология эритроцитов в диагностике анемий (текст): Инновационные научные исследования. 2021. № 10–3 (12)–с. 28–35

8. Богданова, Т. М., Блинова, В.В., Савинова, Д.С., Давыдов, И. С. Кобаламин и его влияние на течение беременности(текст): Физиологические аспекты. Психосоматические и интегративные исследования.2019. Т.5 № 4-с. 405
9. Богданов, А. Н., Волошин, С. В. Анемии в пожилом и старческом возрасте(текст):Вестник Гематологии.2021 г. Т.17 № 1. — С. 47–66
10. Выдыборец, С. В. Современное лицо Витамин-В12 дефицитной анемии. Что должен знать интернист (текст): Гематология. Трансфузиология. Восточная Европа.2019. Т.5. № 1.-с. 86–95
11. Выдыборец, С. В. Неврологические нарушения при витамин В12-дефицитной анемии (текст): Гематология. Трансфузиология. Восточная Европа. 2021 г. Т.7. № 1-с. 71–77
12. Галютдинова, А. Ф., Пономарева, Д.Н., Тимшина, Д. И. Особенности витамина В12, причины его дефицита в организме человека(текст): Аллея науки.2021. Т.1 № 10(61).-с. 124–130
13. Гусейнова, А. Р. (текст). Наличие и отсутствие нарушений углеводного обмена как фактор влияния на развитие недостаточности витамина В12(текст): Пермский медицинский журнал.2020.Т.37.№ 4.-с. 5–10
14. Заплатников, А. Л., Османов, И.М., Ефимов, М.С., Дементьев, А. А., Радченко, Е. Р., Чабайдзе, Ж. Л. (текст): Диагностика и принципы лечения дефицитных анемий у детей (в таблицах и схемах)
15. Кузденбаева, Р.С., Талгарова, Л. Е. Особенности течения витамин В12 дефицитной анемии (текст),2014
16. Ковалев, А. В., Бондарчук, С. В. Качество жизни пациентов с анемией, пути коррекции(текст): Известия Российской военно-медицинской академии.2019. Т.3 № 51. — с. 117–121
17. Луныкова, М. А., Демихов, В. Г., Дронова, С.Н., Калинина Ю. Ю., Журин О. Н. Витамин В12 дефицитная анемия у детей грудного возраста: клиническая картина, современные методы диагностики и лечения(текст): Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии. 2019. Т.18. № 3.-с. 70–77
18. Майкова, И. Д., Кузнецова, О.А., Воробьева, А. С., Гончарова, Л. В., Гавеля, Н. В., (текст): Русский медицинский журнал. Медицинское обозрение.2019 Т.3 № 3 — с. 2–5
19. Малюжинская, Н.В., Моргунова, М.А., Петрова, И. В. Дифференциальная диагностика геморрагических заболеваний(текст): Волгоградский государственный медицинский университет. монография. 2021 г.-268 стр.
20. Махмудова, А. А. В12-дефицитная анемия(текст): Международный студенческий научный вестник.2018 № 4–7.-с. 1041–1044
21. Махмудова, А. А. В12-дефицитная анемия (текст): ФГБОУ ВО Пермский государственный медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера Минздрава России.2021
22. Павленко, Л. В. Влияние дефицита витамина В12 на когнитивные функции (текст): Наукосфера.2020.№ 12–1.-с. 48–53
23. Панченко, А. С., Максимова, О. Г., Левченко, Н.В., Панова М. С., Петрухина, И. И., Батаева Е. П. Проблема дифференциальной диагностики синдрома Пирсона с заболеваниями системы кроветворения (текст): Забайкальский вестник, 2018 г, № 4
24. Перешеин, А. В., Кузнецова, С. В., Потемина, Т. Е. Дефицит кобаламина и патогенез неврологических нарушений(текст): Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. 2021. № 6 (54).-с. 21–32
25. Попова, А. Е., Тверитнева, А. Г. Расстройства депрессивного и тревожного спектра у пациентов с анемиями различного генеза (текст): Forcipe. Т.3 № 51 — с. 361–362
26. Рукавицын, О. А. Гематология. под ред. Рукавицына О.А(текст): Москва: Гэотар-Медиа,2019–784 с.
27. Руднева, Л.Ф., Медведева, И. В., Василькова, Т. Н., Платицын, В. А., Колпакова, Н. В., Платицына, С. В., Пономарева, М. Н. Избранные вопросы гематологии. В 2-х т. Т.1 Тюменский государственный медицинский университет(текст): монография. 2019 г.-320 с.
28. Рыбина, О. В., Губкин, А. В., Сахин, В. Т., Рукавицын, О. А. Анемический синдром при гастроэнтерологических заболеваниях: состояние проблемы и пути решения (текст): Гематология. Трансфузиология. Восточная Европа. 2020. Т.6. № 3.-с. 357–371
29. Сорокина, А. С. Анемия как фактор ухудшения качества жизни человека (текст): Бюллетень медицинских интернет-конференций.2019. т.9. № 12. — с. 571
30. Сумкина, Т. П., Дороженко, А. А. Применение новых показателей ОАК в диагностике анемий (текст): Бюллетень Северного государственного медицинского университета,2019 № 1(42). — 229 с.
31. Тимошенко, О.Г., Калинин, А. Л. Состояние ключевых звеньев метаболизма у лиц, придерживающихся вегетарианского стиля питания: особенности нарушения обмена витамина В12 в организме, лабораторные тесты и критерии выявления его дефицита(текст): Лабораторная диагностика. Восточная Европа. 2020. Т.9 № 3.-с. 238–251
32. Фалалеева, С. О., Моргун, А. В., Борисова, М. В., Борисов, Е. В., Макаревская, Н. Ю., Гончар Н. А., Голубенко, Н. К., Миллер, О. М., Позднякова, А. А., Романова, М. В. Особенности клинических проявлений витамин В12-дефицитной анемии у детей разного возраста (текст): Вопросы практической педиатрии, 2020 г.

33. Фелик, С. В., Антипова, Т. А., Золотин, А.Ю., Симоненко, С.В., Симоненко, Е. С. Состояние здоровья детей как отражение полноценного питания(текст):Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований 2018 г. № 5–1 — с. 149–153
34. Хапалюк, А. В. Витамин В12: Биологическое значение, патогенетические механизмы и клинические проявления витаминной недостаточности(текст): Лечебное дело: научно-практический терапевтический журнал.2019. № 4-с. 17–23
35. Харина, Е. А., Сафина, Н. И. Патолофизиологические аспекты недостатка витамина В12 у вегетарианцев(текст): Международный студенческий научный вестник. 2019. № 3.-с. 1
36. Шатохин, Ю.В., Снежко, И.В., Рябкина, Е. В., Шатохина, О. Н. Дифференциальная диагностика анемий (лекция для практикующих врачей). (текст): Южно-российский журнал терапевтической практики. 2020. Т.1. № 1.-с. 56–63
37. Ших, Е. В., Сизова Ж. М., Астаева, М. О. Пероральное применение цианкобаламина при функциональном дефиците витамина В12 (текст): Эффективность и безопасность Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2021. Т.13 № 4 — с. 109–115
38. Зорина, И.Г., Макаров, Н. И., Соколов, В. Д., Сергеева, Е. А. Актуальные вопросы гигиены питания населения. (текст): Часть 1: Учебное пособие. Южно-Уральский государственный медицинский университет. 2021 г. — 170 стр.
39. Могилева, И. И., Гальфанович, И. Л., Дайнеко, М. Ю., Константинова Ю. А., Слободчикова, М. П., Тюмина, Л. М., Бранис, И. Е. Alimentary deficiency diseases(текст): Учебное пособие. Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 2019. — 80 с.
40. Моргун, А. В., Таранушенко, Т. Е. Расшифровка и интерпретация анализа крови у детей(текст): учебно-методическое пособие. Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого. 2019 г. — 66 с.
41. Макаров., И.Ю., Меньщикова, Н.В., Дубяга, Е.В., Левченко, Н. Р. Морфология анемий и гемобластозов (текст): учебное пособие. ФГБОУ ВО Амурская государственная медицинская академия.2018
42. Панченкова, Л.А., Майчук Е. Ю., Мартынов А. И., Хамидова Х. А., Юркова Т. Е., Воеводина И. В., Макарова И. А. Дифференциальная диагностика анемий (текст): учебно-методическое пособие. ФГБОУ ВО Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова.2018
43. Рослый, И. М., Водолажская, М. Г. Правила чтения биохимического анализа(текст): Руководство для врача.3-е издание.2020г
44. Руднева, Л. Ф., Василькова, Т.Н., Петров, И.М., Пономарева, М. Н. Анемии. Геморрагические заболевания. Особенности поражения глаз(текст): Учебное пособие для дополнительного профессионального образования по специальностям «Терапия» и «Офтальмология». Тюменский государственный медицинский университет. 2019 г.
45. Саламова, Л. И. Анемии в терапевтической практике. (текст):учебное пособие.2019
46. Устинова, М.Н., Лешина, О. А. Лабораторная диагностика анемий(текст): учебное пособие. Волгоградский государственный медицинский университет.2021 г. — 72 с.
47. Яковлев, А. Т., Заводовский, Б. В., Загороднева, Е. А., Краюшкина, Н. Г., Вахания, К. П., Рожкова, Е. С., Павловская, В. Н. Очерки клинической лабораторной диагностики. Ч.3 (текст): учебное пособие. Волгоградский государственный медицинский университет.2019 г. — 100 стр.
48. Shabalin, M. A, Deryugina A. V., Zolotova M. V./Physiology of blood: Educational and methodical manual(текст): учебно-методическое пособие. Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им.Н. И. Лобачевского.2021г-44 стр.
49. Берчану, Ш. Т., Богданова, А. Н., Гнигориу, Г., Иванова, М.О., Мазурова, В.И., Мунтяну, Н., A. Agle, D. P., Baldini, M.G., Berceanu, St., Harker, L. A. Морфологическое исследование клеток крови. Причины изменений. 2021 г. (электронный ресурс). Режим доступа к ст: meduniver.com/
50. Халилова, А. С. Гиповитаминоз витамина В12. (электронный ресурс). научный электронный журнал Меридиан.2020.№ 14(48).с. 93–95.Режим доступа к ст:meridian-Journal.ru

## Роль микроглиальной аутофагии при болезни Паркинсона

Ахмадиева Адиля Алмазовна, студент;  
Балашова Елизавета Петровна, студент;  
Золотцев Артём Александрович, студент;  
Фролова Вера Сергеевна, студент

Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова (г. Москва)

*Болезнь Паркинсона (БП) — второе по распространенности нейродегенеративное заболевание. Исследования показали, что аномальное накопление  $\alpha$ -синуклеина ( $\alpha$ -Syn) в клетках черной субстанции среднего мозга является специфической патологической характеристикой БП. Аномальное накопление  $\alpha$ -Syn при БП вызывает активацию микроглии. Иммуные клетки микроглии центральной нервной системы участвуют в функционировании и регуляции воспаления при БП посредством аутофагии. На сегодняшний день аутофагальная активность микроглии в патофизиологии БП является актуальным предметом исследований. В данной статье описываются пути микроглиальной аутофагии, исследуются факторы микроглиальной аутофагии, способствующие регуляции механизмов воздействия на течение БП и раскрывается потенциал микроглиальной аутофагии как терапевтической мишени для лечения БП.*

**Ключевые слова:** болезнь Паркинсона, микроглия, микроглиальная аутофагия, микроглиальный фагоцитоз, нейровоспаление.

## The role of microglial autophagy in disease Parkinson's Disease

*Parkinson's disease (PD) is the second most common neurodegenerative disease. Studies have shown that abnormal accumulation of  $\alpha$ -synuclein ( $\alpha$ -Syn) in midbrain substantia nigra cells is a specific pathological feature of PD. Abnormal  $\alpha$ -Syn accumulation in PD causes microglia activation. Immune microglia cells of the central nervous system are involved in the functioning and regulation of inflammation in PD through autophagy. To date, autophagic activity of microglia in the pathophysiology of PD has been a current subject of research. This article describes microglial autophagy pathways, explores microglial autophagy factors contributing to the regulation mechanisms of PD course and reveals the potential of microglial autophagy as a therapeutic target for PD treatment.*

**Keywords:** Parkinson's disease, microglia, microglial autophagy, microglial phagocytosis, neuroinflammation.

### Введение

Болезнь Паркинсона (БП) характеризуется тремором покоя, моторной брадикинезией, ригидностью мышц и постуральной неустойчивостью, а также немоторными симптомами [1]. Из-за множественной этиологии и тяжести протекания заболевания в настоящее время научное сообщество патофизиологов проявляет больший интерес к БП.

В здоровом организме гомеостаз центральной нервной системы (ЦНС) зависит от синхронизированного метаболизма клеток нервной ткани. Однако в ЦНС пациентов с БП происходит aberrantное накопление  $\alpha$ -синуклеина ( $\alpha$ -Syn), и каскадный эффект постепенного повреждения нейронов, нарушающего соответствующий баланс, приводит к воспалению в ЦНС [2].

Аутофагия — это эволюционно консервативный путь деградации, который отвечает за разрушение и дальнейшее использование большинства внутрицитоплазматических белков и органелл. Аутофагия поддерживает гомеостаз, доставляя цитоплазматические материалы в лизосому для деградации [3]. Из-за нарушенной аутофагии неадекватно агрегированный  $\alpha$ -Syn в ЦНС пациентов с БП не может быть разрушен и накапливается [4]. В целом, считается, что дисрегуляция аутофагии играет

важную роль в аномальной агрегации  $\alpha$ -Syn и обострении болезни Паркинсона.

Микроглия — это специфические для ЦНС иммунные клетки, которые играют в ЦНС иммунологическую роль, сравнимую с ролью тканевых макрофагов, взаимодействуют с нейронами и выполняют регуляторные задачи в ЦНС [5]. Недавние исследования показали, что микроглиальная аутофагия участвует в функционировании и регуляции воспаления в ЦНС [6]. Эти данные подразумевают, что дисрегуляция аутофагии в микроглии может влиять на деятельность врожденного иммунитета, включая фагоцитоз и воспаление, что, в свою очередь, способствует развитию заболеваний, связанных с нейровоспалением [7]. На сегодняшний день многие исследователи считают БП нейровоспалительным заболеванием, и роль микроглиальной аутофагии в патофизиологии БП является актуальным вопросом в этой области [8]. В данной статье мы представили роль микроглиальной аутофагии в патологическом механизме БП и попытались определить, может ли микроглиальная аутофагия быть потенциальной мишенью для терапевтического вмешательства.

### Аутофагия в микроглии

Последние исследования показывают, что микроглия играет решающую роль в нейродегенеративных заболе-



ваниях. Микроглия, как и макрофаги, может выполнять свои функции как в нормальных, так и в патологических условиях, а также осуществлять адаптивные реакции в условиях болезни [9]. Нарушения в функции микроглии во время фагоцитоза синапсов могут способствовать критической потере синапсов и нейродегенерации. Кроме того, микроглия играет важную роль в очистке апоптотических или некротических клеток и разрушении aberrантных белковых скоплений, таких как  $\beta$ -амилоид ( $A\beta$ ) и агрегированный  $\alpha$ -Syn [10]. В целом, микроглия использует фагоцитоз для участия в аутофагии в ЦНС, которая устраняет последствия воспалительной реакции в организме и поддерживает гомеостаз.

В целом микроглиальная аутофагия — это непосредственный перенос белковых агрегатов и поврежденных органелл в лизосомы, которая включает образование и деградацию аутофагосом. Биогенез аутофагосом инициируется либо химическими сигналами, вызывающими аутофагию, либо рецепторами аутофагии, связывающимися со своими мишенями. Зарождение мембраны происходит в определенных местах фагоцитов, которые затем расширяются и закрываются в аутофагосомы [11]. Аутофагосома переносит инкапсулированный материал в лизосому через слияние своей внешней мембраны с лизосомальной, образуя аутолизосому. Аутолизосомы разрушают аутофагический груз, а также внутреннюю мембрану аутофагосомы [12]. Аутофагический поток в первую очередь связан с интенсивностью индуцируемой аутофагии и скоростью переваривания агрегатов аутофагосом лизосомами, и в настоящее время считается, что дисрегуляция аутофагического потока является одним из основных факторов невропатологии. Одним из ярких примеров является обнаружение в дофаминергических нейронах мисфолдированный  $\alpha$ -Syn с дисфункциональными лизосомами, а скорость клиренса аутофагосом снижена [13], а также активация транскрипционного фактора EB (TFEB), стимулирующего функцию лизосом для очистки олигомеров  $\alpha$ -Syn, оказывая тем самым нейропротекторное действие [14].

#### Микроглиальный фагоцитоз и аутофагия

На данный момент принято считать, что микроглия, клетки которой являются резидентными макрофагами мозга, организует воспалительный ответ мозга во время болезней [15]. Наиболее явным сходством, а также одновременно значимым функциональным сходством между микроглией и тканевыми макрофагами является их способность осуществлять фагоцитоз, который включает три основных этапа: распознавание, эндоцитоз и переваривание [16].

#### Механизм микроглиальной аутофагии

Как уже отмечалось, микроглиальные клетки осуществляют фагоцитоз путем распознавания aberrантных клеток или химических веществ в окружающей среде. В зависимости от способа фагоцитоза выделяют каноническую и неканоническую аутофагию, для микроглии же характерны оба варианта [17].

Каноническая аутофагия представляет собой последовательную сборку аутофагического механизма по схеме распознавание-фагоцитоз-переваривание. Микроглия фагоцитирует избыточные клеточные компоненты и доставляет их в лизосомы для завершения аутофагии. В процесс вовлечены киназные комплексы, активирующие аутофагию, в частности, комплексы фосфатидилинозитол-3-киназы класса III (PI3KC3) и набор эффекторных белков ATG9/PI3P. Так, было установлено, что использование субстрата для киназ-липополисахаридов (LPS), индуцирующих сверхэкспрессию микроРНК-Let7A в микроглии, приводящей к каскаду воспалительных процессов в ЦНС [18]. Помимо этого, в ряде экспериментов доказано, что возросшая экспрессия некоторых С-белков (Ccl5 и Cxcl10) p53-независимым образом в ходе микроглиальной аутофагии играет важную роль в контроле нейрогенеза и ограничении местных иммунных реакций в постнатальных нейрональных стволовых клетках неавтономным способом [19].

В отличие от канонической аутофагии, неканонические пути не требуют иерархического вклада всех белков ATG. Ряд неканонических аутофагических путей был идентифицирован в микроглии. Например, были обнаружены нейропротекторные функции микроглии в клиренсе  $\alpha$ -Syn через опосредованную синуклеинфагию [20]. Также была выявлена роль микроглиальной сигнализации в регуляции диффузии тау-белка и токсичности поражения тау-белка [21]. Приведенные выше исследования показывают, что гибкость в регуляции фагоцитарной активности микроглии позволяет делать выводы о существовании разных подходов к решению проблем с воспалением нервной ткани.

#### Микроглиальная аутофагия и развитие нейровоспаления

Фагоцитирующая микроглия способствует аутофагии в ЦНС в основном из-за нейровоспаления. Исследования показали, что микроглия использует выросты клетки, чтобы коммуницировать с нейронами и другими глиальными клетками во время движения в зависимости от различных внутренних условий [22]. В физиологических условиях эта способность микроглии к двигательной коммуникации позволяет им действовать как ликвидаторам, регулировать баланс глии, удалять продукты метаболизма и регулировать нейрогенез [23]. При эндогенных или экзогенных патологических состояниях микроглия, подобно макрофагам, переходит из состояния покоя в «активированное» состояние, претерпевает морфологические изменения для выполнения фагоцитарной функции, вызывает воспалительный ответ и высвобождает различные провоспалительные цитокины. Таким образом, активированная микроглия в некоторой степени определяет судьбу других окружающих нервных клеток, поддерживает здоровое состояние тканевой среды и препятствует развитию таких патологий, как нейровоспаление [24].

Активированная микроглия часто может быть классифицирована как M1 или M2 клетки. Активация микро-



глии M1 называется классической активацией. Микроглия M1 цитотоксична для нейронов и других глиальных клеток, поскольку она вырабатывает большое количество клеточных медиаторов, таких как протеазы, провоспалительные цитокины и реактивные формы кислорода (ROS), которые приводят к провоспалительным реакциям [25]. Провоспалительные цитокины могут активировать микроглию M1 чтобы выделить провоспалительные факторы, такие как IL-1 $\beta$ , TNF- $\alpha$ , IL-6, оксид азота (NO) и протеазы, оказывающие негативное воздействие на нейродегенеративные заболевания [26]. В настоящее время считается, что степень активности микроглии M1 коррелирует с потерей дофаминергических нейронов на ранней стадии БП.

Микроглия M2 считается другим активным состоянием, которое способно участвовать в фагоцитозе клеточных остатков или поврежденных нейронов и высвобождать различные нейротрофические факторы и цитокины, оказывая тем самым противовоспалительное действие [27]. IL-4, IL-10, IL-13 и трансформирующий фактор роста- $\beta$  могут активировать M2 микроглию для выделения различных цитокинов, таких как инсулиноподобный фактор роста 1 и фризл-рецептор [28], и эти цитокины могут быть вовлечены в нейрозащиту и регенерацию. Микроглии M1 и M2 могут превращаться друг в друга при определенных обстоятельствах, медиаторы воспаления, выделяемые микроглией M1, вовлечены в механизмы нейродегенеративных заболеваний, а микроглия M2 участвует в поддержании и восстановлении тканей. Поэтому опосредованное микроглией нейровоспаление амбивалентно при нейродегенеративных заболеваниях, так как оказывает и пагубное и благотворное влияние на нейроны и глию.

#### **Механизм микроглиальной аутофагии в животных моделях БП**

Агрегаты  $\alpha$ -синуклеина в дофаминергических нейронах черной субстанции играют важную роль в патогенезе болезни Паркинсона (БП). Недавние исследования показали, что активированная микроглия ускоряет патологическое накопление  $\alpha$ -синуклеина в нейронах черной субстанции [29]. Микроглия, подверженная аномальной агрегации  $\alpha$ -синуклеина, может образовывать F-актин-зависимые межклеточные соединения, тем самым создавая клеточные сети, которые могут передавать аномально агрегированный  $\alpha$ -синуклеин от перегруженной микроглии к соседней инактивированной микроглии для их быстрого и эффективного разрушения. Этот процесс способствует уменьшению воспалительной реакции микроглии и повышает ее выживаемость [30]. Механизм, с помощью которого микроглия лучше освобождается от патогенных агрегатов  $\alpha$ -синуклеина путем создания функциональной сети «по запросу», был выяснен. Исследование показало, что микроглия может передавать  $\alpha$ -синуклеин через экзосомы и усугублять его накопление, что указывает на то, что секреция экзосом может изменять прогрессирование болезни Паркинсона [31]. Было подтверждено, что олигомеры  $\alpha$ -синуклеина присутствуют в экзосомах, выделяемых микроглией в спинномозговой жидкости пациентов

с болезнью Паркинсона, которые могут вызывать агрегацию  $\alpha$ -синуклеина в нейронах, что указывает на то, что микроглия может ускорять агрегацию  $\alpha$ -синуклеина при болезни Паркинсона через экзосомы [32].

Нейровоспаление и оксидативный стресс играют важную роль в патогенезе болезни Паркинсона. В ходе этих процессов микроглия активируется и вовлекается в прогрессирующую дегенерацию и потерю нигростриатальных нейронов черной субстанции. Мутации в гене рецептора окислительного стресса DJ-1 и индуктора протекции от активных форм кислорода вызывают семейную болезнь Паркинсона. Нарушение рецептора DJ-1 в микроглии усиливает нейротоксичность в нейронах черной субстанции и значительно увеличивает  $\alpha$ -синуклеин-индуцированную секрецию провоспалительных цитокинов [33]. Дальнейшие исследования, направленные на установление корреляции нейровоспаления с активностью иммунной системы, показали, что при нарушении гематоэнцефалического барьера эффекторные Т-клетки переносятся в мозг и усугубляют дегенерацию нигростриатальных нейронов черной субстанции, активацию микроглии и нарушение двигательных функций [34], а ингибирование секреции IL-17A клетками Th17 в черной субстанции смягчает симптомы. IL-17A усугубляет потерю нейронов черной субстанции только в присутствии микроглии, что говорит о решающей роли микроглии в дегенерации нейронов [35].

#### **Аутофагия микроглии при БП, терапевтические достижения и будущие направления**

На основе исследований роли нейровоспаления, вызванного микроглией, и аутофагии микроглии в патогенезе болезни Паркинсона, были определены новые стратегии лечения, связанные с активацией микроглии и нейровоспалением. Было обнаружено, что стимуляция P2Y6R ускоряет активацию микроглиальных клеток и высвобождение провоспалительных цитокинов; то есть блокирование P2Y6R может подавлять активацию микроглии и фагоцитоз [36]. Использование андрографолида для усиления микроглиальной активности путем ослабления активации многобелкового олигомерного комплекса NLRP3 в микроглии, позволяет спасти дофаминергические нейроны и смягчить поведенческий дефицит у животных [37]. Также тестируется использование фототермических наноматериалов для контроля открытия переходных рецепторных потенциальных катионных каналов подсемейства V1 (TRPV1) на поверхности микроглии, чтобы усилить фагоцитоз микроглии, фагоцитоз и деградацию  $\alpha$ -Syn, тем самым улучшая состояние пациентов с болезнью Паркинсона [38].

#### **Выводы**

Таким образом, необходимо обозначить, что двойственная роль микроглиальной аутофагии в патогенезе БП привела к формированию широкого спектра потенциальных терапевтических стратегий для лечения БП. Говоря о микроглии, мы отождествляем её с макрофагальной активностью, регулирующей возникновение и развитие

нейровоспаления. При БП  $\alpha$ -Syn и нейровоспаление запускают сигнальные пути, такие как NLRP3, которые активируют микроглию. Активированная микроглия изменяет агрегацию и распространение неправильно сформированного  $\alpha$ -Syn посредством аутофагии для дальнейшего воздействия на нейроны и нейроповедение. Так, только правильно активированная микроглия способствует эли-

минации аномально агрегированных веществ, а также токсичных продуктов метаболизма. В ином случае, аутофагия или дисрегуляция аутофагического потока могут привести к нейротоксичности. Сложный каскад реакций нейровоспаления и множественный подход к его индицированию позволяет оценить значимость терапевтических стратегий при создании нейропротекторных систем.

#### Литература:

1. Armstrong, M. J., Okun M. S. (2020). Diagnosis and treatment of Parkinson disease: a review. *JAMA* 323, 548–560.
2. Hirsch, E. C. (1992). Why are nigral catecholaminergic neurons more vulnerable than other cells in Parkinson's disease? *Ann. Neurol.* 32, S88–S93.
3. Bonam, S. R., Tranchant C., Muller S. (2021). Autophagy-lysosomal pathway as potential therapeutic target in Parkinson's disease. *Cells* 10:3547.
4. Aflaki, E., Westbroek W., Sidransky E. (2017). The complicated relationship between Gaucher disease and parkinsonism: insights from a rare disease. *Neuron* 93, 737–746.
5. Leng, F., Edison P. (2021). Neuroinflammation and microglial activation in Alzheimer disease: where do we go from here? *Nat. Rev. Neurol.* 17, 157–172.
6. Bussi, C., Peralta Ramos J. M., Arroyo D. S., Gaviglio E. A., Gallea J. I., Wang J. M., et al. (2017). Autophagy down regulates pro-inflammatory mediators in BV2 microglial cells and rescues both LPS and alpha-synuclein induced neuronal cell death. *Sci. Rep.* 7:43153.
7. Michell-Robinson, M. A., Touil H., Healy L. M., Owen D. R., Durafour B. A., Bar-Or A., et al. (2015). Roles of microglia in brain development, tissue maintenance and repair. *Brain* 138, 1138–1159.
8. Choi, I., Zhang Y., Seegobin S. P., Pruvost M., Wang Q., Purtell K., et al. (2020). Microglia clear neuron-released  $\alpha$ -synuclein via selective autophagy and prevent neurodegeneration. *Nat. Commun.* 11:1386
9. Liu S.-Y., Qiao H.-W., Song T.-B., Liu X.-L., Yao Y.-X., Zhao C.-S., et al. (2022). Brain microglia activation and peripheral adaptive immunity in Parkinson's disease: a multimodal PET study. *J. Neuroinflammation* 19:209.
10. Spangenberg, E. E., Lee R. J., Najafi A. R., Rice R. A., Elmore M. R. P., Blurton-Jones M., et al. (2016). Eliminating microglia in Alzheimer's mice prevents neuronal loss without modulating amyloid- $\beta$  pathology. *Brain* 139, 1265–1281.
11. Hu, Y., Reggiori F. (2022). Molecular regulation of autophagosome formation. *Biochem. Soc. Trans.* 50, 55–69.
12. Lőrincz, P., Juhász G. (2020). Autophagosome-Lysosome Fusion. *J. Mol. Biol.* 432, 2462–2482.
13. Dehay, B., Bové J., Rodríguez-Muela N., Perier C., Recasens A., Boya P., et al. (2010). Pathogenic lysosomal depletion in Parkinson's disease. *J. Neurosci.* 30, 12535–12544.
14. Decressac, M., Mattsson B., Weikop P., Lundblad M., Jakobsson J., Björklund A. (2013). TFEB-mediated autophagy rescues midbrain dopamine neurons from  $\alpha$ -synuclein toxicity. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 110, E1817–E1826.
15. Sierra, A., Abiega O., Shahraz A., Neumann H. (2013). Janus-faced microglia: beneficial and detrimental consequences of microglial phagocytosis. *Front. Cell. Neurosci.* 7:6
16. Wolf, S. A., Boddeke H. W. G. M., Kettenmann H. (2017). Microglia in physiology and disease. *Annu. Rev. Physiol.* 79, 619–643.
17. Jülg, J., Strohm L., Behrends C. (2020). Canonical and non-canonical autophagy pathways in microglia. *Mol. Cell. Biol.* 41:e00389–20.
18. Song, J., Oh Y., Lee J. E. (2015). miR-Let7A modulates autophagy induction in LPS-activated microglia. *Exp. Neurobiol.* 24, 117–125.
19. Wang, C., Yeo S., Haas M. A., Guan J.-L. (2017). Autophagy gene FIP200 in neural progenitors non-cell autonomously controls differentiation by regulating microglia. *J. Cell Biol.* 216, 2581–2596.
20. Choi, I., Zhang Y., Seegobin S. P., Pruvost M., Wang Q., Purtell K., et al. (2020). Microglia clear neuron-released  $\alpha$ -synuclein via selective autophagy and prevent neurodegeneration. *Nat. Commun.* 11:1386.
21. Wang, C., Fan L., Khawaja R. R., Liu B., Zhan L., Kodama L., et al. (2022). Microglial NF- $\kappa$ B drives tau spreading and toxicity in a mouse model of tauopathy. *Nat. Commun.* 13:1969.22.
22. Stratoulis, V., Venero J. L., Tremblay M.-È., Joseph B. (2019). Microglial subtypes: diversity within the microglial community. *EMBO J.* 38:e101997.
23. Tu H.-Y., Yuan B.-S., Hou X.-O., Zhang X.-J., Pei C.-S., Ma Y.-T., et al. (2021).  $\alpha$ -Synuclein suppresses microglial autophagy and promotes neurodegeneration in a mouse model of Parkinson's disease. *Aging Cell* 20:e13522.
24. Daher, J. P. L., Volpicelli-Daley L. A., Blackburn J. P., Moehle M. S., West A. B. (2014). Abrogation of  $\alpha$ -synuclein-mediated dopaminergic neurodegeneration in LRRK2-deficient rats. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 111, 9289–9294.

25. Glass, C. K., Saijo K., Winner B., Marchetto M. C., Gage F. H. (2010). Mechanisms underlying inflammation in neurodegeneration. *Cells* 140, 918–934.
26. Cherry, J. D., Olschowka J. A., O'Banion M. K. (2014). Neuroinflammation and M2 microglia: the good, the bad, and the inflamed. *J. Neuroinflammation* 11:98.
27. Tang, Y., Le W. (2016). Differential roles of M1 and M2 microglia in neurodegenerative diseases. *Mol. Neurobiol.* 53, 1181–1194.
28. Tan E.-K., Chao Y.-X., West A., Chan L.-L., Poewe W., Jankovic J. (2020). Parkinson disease and the immune system — associations, mechanisms and therapeutics. *Nat. Rev. Neurol.* 16, 303–318.
29. Scheiblich, H., Dansokho C., Mercan D., Schmidt S. V., Bousset L., Wischhof L., et al.. (2021). Microglia jointly degrade fibrillar alpha-synuclein cargo by distribution through tunneling nanotubes. *Cells* 184, 5089.e21–5106.e21.
30. Xia, Y., Zhang G., Han C., Ma K., Guo X., Wan F., et al.. (2019). Microglia as modulators of exosomal alpha-synuclein transmission. *Cell Death Dis.* 10:174.
31. Guo, M., Wang J., Zhao Y., Feng Y., Han S., Dong Q., et al.. (2020). Microglial exosomes facilitate  $\alpha$ -synuclein transmission in Parkinson's disease. *Brain* 143, 1476–1497.
32. Guan, X., Wu P., Cao B., Liu X., Chen X., Zhang W., et al.. (2021). PGC-1 $\alpha$ -siRNA suppresses inflammation in substantia nigra of PD mice by inhibiting microglia. *Int. J. Neurosci.* 2021, 1–9.
33. Liu, Z., Huang Y., Cao B.-B., Qiu Y.-H., Peng Y.-P. (2017). Th17 cells induce dopaminergic neuronal death via LFA-1/ICAM-1 interaction in a mouse model of Parkinson's disease. *Mol. Neurobiol.* 54, 7762–7776.
34. Chen, J., Mao K., Yu H., Wen Y., She H., Zhang H., et al.. (2021). p38-TFEB pathways promote microglia activation through inhibiting CMA-mediated NLRP3 degradation in Parkinson's disease. *J. Neuroinflammation* 18:295.
35. Yang, X., Lou Y., Liu G., Wang X., Qian Y., Ding J., et al.. (2017). Microglia P2Y6 receptor is related to Parkinson's disease through neuroinflammatory process. *J. Neuroinflammation* 14:38.
36. Ahmed, S., Kwatra M., Ranjan Panda S., Murty U. S. N., Naidu V. G. M. (2021). Andrographolide suppresses NLRP3 inflammasome activation in microglia through induction of parkin-mediated mitophagy in in-vitro and in-vivo models of Parkinson disease. *Brain Behav. Immun.* 91, 142–158.
37. Yuan, J., Liu H., Zhang H., Wang T., Zheng Q., Li Z. (2022). Controlled activation of TRPV1 channels on microglia to boost their autophagy for clearance of alpha-Synuclein and enhance therapy of Parkinson's disease.

## Значение витамина D и его статус при болезни Паркинсона

Ахмадиева Адиля Алмазовна, студент;  
Балашова Елизавета Петровна, студент;  
Золотцев Артём Александрович, студент;  
Фролова Вера Сергеевна, студент

Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова (г. Москва)

Болезнь Паркинсона (БП) — это сложное и прогрессирующее нейродегенеративное заболевание, характеризующееся тремором покоя, ригидностью, замедленностью движений и поструральной неустойчивостью. Кроме того, БП связана с широким спектром не связанных с моторной активностью симптомов, которые усугубляют общую инвалидизацию. Патопфизиология БП в основном характеризуется наличием цитоплазматических включений в нейронах ЦНС, в основном состоящих из агрегатов альфа-синуклеина ( $\alpha$ -Syn), известных как тельца Леви, которые приводят к потере дофаминергической активности клеток чёрной субстанции. В основе молекулярного патогенеза лежит протеостаз  $\alpha$ -Syn, а также сопутствующие механизмы: окислительный стресс, гомеостаз кальция, аксональный транспорт и нейровоспаление. Хотя патопфизиология БП хорошо изучена, ее точная этиология до сих пор остается неясной. Среди нескольких этиологических факторов низкий уровень витамина D недавно стал рассматриваться как возможный модифицируемый фактор риска развития БП.

**Ключевые слова:** витамин D, дефицит витамина D, гиповитаминоз D, болезнь Паркинсона.

## The value of vitamin D and its status in disease Parkinson's Disease

Parkinson's disease (PD) is a complex and progressive neurodegenerative disease characterised by resting tremor, rigidity, slowness of movement and postural instability. In addition, PD is associated with a wide range of non-motor symptoms that exacer-

bate overall disability. The pathophysiology of PD is mainly characterised by the presence of cytoplasmic inclusions in CNS neurons, mainly consisting of alpha-synuclein ( $\alpha$ -Syn) aggregates known as Levi's corpuscles, which lead to a loss of dopaminergic activity in the substantia nigra cells. Molecular pathogenesis is based on  $\alpha$ -Syn proteostasis as well as related mechanisms: oxidative stress, calcium homeostasis, axonal transport and neuroinflammation. Although the pathophysiology of PD is well understood, its exact etiology is still unclear. Among several etiological factors, low vitamin D levels have recently come to be considered as a possible modifiable risk factor for PD.

**Keywords:** vitamin D, vitamin D deficiency, hypovitaminosis D, Parkinson's disease, vitamin D receptor (VDR) polymorphisms.

### Источники витамина D и его метаболизм

Витамин D — это жирорастворимый витамин, который в основном синтезируется в коже из 7-дегидрохолестерина под воздействием ультрафиолетового излучения. Некоторая доля витамина D поступает извне. Витамин D3 биологически инертен и должен пройти два цикла гидроксирования, чтобы стать активным. Первое гидроксирование происходит в печени под действием витамин D-25-гидроксилазы (возможно, кодируемой CYP2R1), в результате чего образуется циркулирующая форма витамина D: 25-гидроксивитамин D3 (25-ОН-D3) или кальцидиол. Позже 25-ОН-D3 превращается в активный гормон, 1,25-гидроксивитамин D3 (1,25-(ОН)2D3), также известный как кальцитриол, под действием 25-гидроксивитамин D-1 $\alpha$ -гидроксилазы (CYP27B1) или 1 $\alpha$ -гидроксилазы. Этот второй этап происходит в почках и жестко регулируется уровнем кальция и фосфора в крови [1].

Метаболизм витамина D является высокорегулируемым. Так, в ответ на низкий уровень сывороточного кальция паратиреоидный гормон (ПТГ), выделяемый паращитовидными железами, стимулирует транскрипцию CYP27B1, способствуя выработке 1,25-(ОН)2D3. Кроме того, низкий уровень фосфатов в крови также стимулирует экспрессию CYP27B1, способствуя превращению 25-ОН-D3 в его активную форму. Активный витамин D3 действует на тонкий кишечник, стимулируя всасывание пищевого кальция и фосфата; кроме того, он способствует, наряду с ПТГ, реабсорбции кальция в дистальных почечных канальцах [2].

Помимо почек, другие клетки и ткани способны экспрессировать CYP27B1, что позволяет синтезировать собственный 1,25-(ОН)2D3 на местном уровне. Кроме того, 1,25-(ОН)2D3 косвенно регулирует свой уровень через CYP24A1, 24-гидроксилазу, которая играет ключевую роль в катаболизме как 25-ОН-D3, так и 1,25-(ОН)2D3 [3]. Витамин D также может быть получен из некоторых пищевых источников. В природе существует две формы пищевого витамина D: витамин D3 (25-ОН-D3) или холекальциферол, который образуется при употреблении некоторых продуктов животного происхождения и витамин D2 (25-ОН-D2) или эргокальциферол, который в основном содержится в орехах, грибах, фасоли и зеленых листовых овощах. Как и холекальциферол, эргокальциферол должен быть гидроксирован в положениях 25 и 1 $\alpha$ , чтобы стать максимально активным.

Сумму холекальциферола и эргокальциферола принято называть 25-ОН-D, поскольку этот метаболит использу-

ется для измерения статуса витамина D [4]. Уровень витамина D в обычной пище недостаточно высок, поскольку только некоторые продукты питания способны обеспечить разумное количество витамина D. По этой причине многие продукты питания в настоящее время обогащаются витамином D, чтобы обеспечить потребление в соответствии с потребностью. Более того, некоторые безрецептурные препараты содержат витамин D в различных формах в сочетании с кальцием или без него.

### Дефицит витамина D: определение и распространенность

Определение оптимального уровня витамина D в организме является труднодостижимым, поскольку на сегодняшний день не существует доказательного консенсуса относительно того, какой уровень 25-ОН-D определяет дефицит витамина D.

Даже если кальцитриол примерно в 500–1000 раз активнее своего предшественника 25-ОН-D, последний обычно измеряется для оценки системного статуса витамина D. Несколько причин оправдывают измерение 25-ОН-D вместо активной формы. Во-первых, концентрация кальцитриола в крови чрезвычайно низка. Кроме того, 25-ОН-D более стабилен, поскольку имеет более длительный период полураспада (около 2–3 недель) по сравнению с метаболитом 1,25-(ОН)2D (около 4–6 ч) [5].

В целом, уровень витамина D в сыворотке крови обычно определяется как недостаточный при концентрации <20 нг/мл, нормальный при 20 до 30 нг/мл и повышенный при >30 нг/мл. Низкий уровень витамина D, или гиповитаминоз D, с одной стороны, представлен как общим снижением уровня его концентрации, так и полным дефицитом. Точно определить качественное проявление при сниженном уровне витамина D сложно, так как гиповитаминоз D определяется по пороговому уровню сывороточного железа, и зависит от этнической принадлежности, возраста и других факторов.

### Уровень витамина D при болезни Паркинсона

В ряде исследований, как в теоретических, так и в клинических, отмечается корреляция между гиповитаминозом D и БП, хотя окончательных выводов нет, а в литературе часто встречаются противоречивые результаты.

Сообщалось о гиповитаминозе D у пациентов с БП по сравнению со здоровым контролем. Evatt et al. [6] сообщили о высокой распространенности недостаточности витамина D (концентрация более 20 нг/мл и менее 30 нг/мл) и дефицита (концентрация менее 20 нг/мл), соответственно, в 69,4 % и 26,1 % исходных образцов, со-



бренных у пациентов с БП, включенных в предыдущее исследование DATATOR. Исследование DATATOR включало пациентов, которым был поставлен диагноз идиопатической БП в течение предыдущих 5 лет, и у которых наблюдались легкие симптомы, еще не требующие медикаментозной терапии [7]. Никакого снижения уровня витамина D в течение болезни не наблюдалось, так как после среднего срока наблюдения в 18,9 месяцев процент недостаточности и дефицита витамина D снизился до 51,6 % и 7,0 %. Сравнительное исследование, проведенное на 300 человек (100 пациентов с болезнью Паркинсона, 100 пациентов с болезнью Альцгеймера и 100 здоровых людей), отобранных из базы данных Clinical Research in Neurology, подтвердило значительно более высокую распространенность недостаточности витамина D (концентрация ниже 30 нг/мл) у 55 % пациентов с БП по сравнению со здоровыми людьми (36 %) и пациентами с БА (41 %). Аналогично, 23 % пациентов с БП имели дефицит витамина D (концентрация менее 20 нг/мл) по сравнению с 16 % из группы пациентов с БА и 10 % из контрольной группы [8].

Другое исследование, Гарвардское биомаркерное [9], в котором приняли участие 388 пациентов с БП и 283 человека из контрольной группы, показало, что по меньшей мере 17 % всех пациентов с БП имели дефицит витамина D (концентрация ниже 0,5 нг/мл). Анализ по подгруппам выявил значительные ассоциации между уровнем витамина D и БП у мужчин, в то время как у женщин наблюдались тенденции, не достигшие статистической значимости.

Говоря о внешнем потреблении, сообщалось о недостаточном потреблении витамина D у пациентов с БП. Одно исследование, посвященное диетическому питанию бельгийских пациентов с БП [10], выявило недостаточное потребление витамина D более чем у половины пациентов; в частности, среднее суточное потребление витамина D было ниже, чем у пациентов с БП. Среднее суточное потребление витамина D ниже 10 мкг (400 МЕ) было зарегистрировано у 62,5 % мужчин и 40 % женщин.

#### **Витамин D и риск развития болезни Паркинсона**

На основе полученных данных о распространенности гиповитаминоза D среди пациентов с болезнью Паркинсона, были предложены теории о существовании зависимости между уровнем витамина D и патогенезом БП.

Knekt et al. опубликовали исследование на основе Мини-Финляндского исследования здоровья (The Mini-Finland Health Survey) для изучения корреляции между уровнем витамина D и заболеваемостью БП, используя модель пропорциональных рисков Кокса. Авторы обнаружили, что более высокий уровень витамина D связан с более низким риском развития БП в течение 29 лет наблюдения. У лиц с концентрацией витамина D в сыворотке крови более 50 нмоль/л риск развития БП был на 65 % ниже, чем у лиц с концентрацией менее 25 нмоль/л [11].

Sleeman et al. [12] оценили связь между витамином D и вновь диагностированными случаями БП в проспек-

тивном наблюдательном исследовании, в котором изучались 145 пациентов с БП по сравнению с 94 здоровыми людьми из контрольной группы; авторы сообщили, что у пациентов с БП концентрация витамина D в сыворотке крови на исходном уровне была значительно ниже, чем в контрольной группе, сопоставимой по возрасту. Аналогично, в группе пациентов с БП средняя концентрация 25-ОН-D в сыворотке крови была ниже, чем в контрольной группе после 18 месяцев наблюдения.

В другом исследовании была изучена не только корреляция между уровнем витамина D и риском развития болезни Паркинсона, но и исследовалось существование возможных различий в функции нейронной сети у лиц с заболеванием в зависимости от статуса витамина D. Более низкие уровни витамина D были обнаружены у пациентов с БП по сравнению со здоровым контролем. Так, у пациентов с болезнью Паркинсона и дефицитом витамина D обнаруживались обширные области мозга с измененной амплитудой низкочастотных колебаний по сравнению с другими группами пациентов с заболеванием и соответствующими здоровыми контрольными группами. Результаты показали, что пониженный уровень витамина D у пациентов с БП влияет на функционирование нейронных сетей и коры головного мозга [13].

Поскольку кожный синтез является основным источником витамина D, некоторые исследования были посвящены взаимосвязи между работой на открытом воздухе и риском развития БП. Например, у датских мужчин, работавших на открытом воздухе, вероятность развития БП была ниже, чем у тех, кто работал в помещении [14]. Авторы предположили, что у людей, работающих на открытом воздухе, риск развития болезни Паркинсона может быть ниже, предположительно из-за более высокого воздействия солнечного света и, следовательно, снижения риска гиповитаминоза D.

Исследование [15], проведенное на 69010 пациентах с болезнью Паркинсона, показало низкое количество назначений лекарств от заболевания в географических районах с более высоким уровнем ультрафиолетового излучения; полученные данные позволили предположить, что эти районы ассоциируются с более низкой заболеваемостью болезнью Паркинсона. Однако, следует учитывать тот факт, что воздействие солнечного света на людей может быть различно, независимо от места их проживания и географического района.

Wang L. et al. [16] продемонстрировали обратную связь между риском развития болезни Паркинсона и уровнем всех форм витамина D в сыворотке крови, включая форму 25-ОН-D<sub>2</sub>, который не зависит от воздействия солнечного света. Эти данные позволяют выдвинуть гипотезу о том, что риск развития болезни Паркинсона, связанный с витамином D, может быть обусловлен не только недостатком солнечного света. Могут быть задействованы и другие механизмы, например, дисфункция желудочно-кишечного тракта — общая немоторная дисфункция при болезни



Паркинсона, которая может нарушать всасывание витамина D2 [17].

Помимо исследований, которые продемонстрировали связь между витамином D и болезнью Паркинсона, другие исследования не подтвердили эту связь. Перспективное исследование, опубликованное Shrestha и коллегами [18], которые собрали данные из исследования Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC), не выявило никакой связи между витамином D и заболеваемостью болезнью Паркинсона после средней продолжительности наблюдения сроком в 17 лет, хотя авторы отметили повышенный риск возникновения заболевания при сравнении уровней витамина D > 30 нг/мл с уровнями < 20 нг/мл.

Потенциальные объяснения противоречивых выводов о связи между витамином D и болезни Паркинсона могут включать различия в географии, привычках, включая диету, физическую активность и социально-экономическое положение исследуемых групп населения.

#### **Витамин D и патофизиология болезни Паркинсона**

Витамин D каталитически действует в ряде биологических процессов, играя фундаментальную роль в патогенезе заболеваний различного спектра. Так, нарушения постоянства его концентрации приводит к развитию кожных болезней, сердечно-сосудистых заболеваний, аутоиммунных расстройств и неврологических заболеваний, включая БП [19]. Витамин D действует на ЦНС, поскольку является жирорастворимым витамином, способным преодолевать гематоэнцефалический барьер. Кроме того, ЦНС может синтезировать собственный витамин D, что приводит к локальным ауто- или паракринным нейростероидным действиям (на местном уровне). В ЦНС витамин D оказывает широкое влияние на клеточную пролиферацию, дифференциацию, кальциевую сигнализацию, нейропротекцию, синаптогенез, клиренс амилоида и предотвращение гибели нейронов [20].

Существуют доказательства того, что витамин D участвует в дофаминергической нейротрансмиссии, нейрогенезе и развитии нейритов [21]. Было показано, что витамин D увеличивает экспрессию фермента тирозингидроксилазы в хромоаффинных клетках мозгового слоя надпочечников, на поверхности которых находятся рецепторы витамина D, увеличивая выработку катехоламинов [22]; кроме того, витамин D, по-видимому, играет роль как в синтезе дофамина в ЦНС, так и в его хранении. Исследования *in vitro* показывают, что витамин D может повышать экспрессию глиального нейротрофического фактора (GDNF), особенно в стриатуме, что предполагает его защитную роль при БП [23]. Более того, витамин D может играть важную роль в противодействии окислительному стрессу в ЦНС, поскольку опосредованно связывает ряд реактивных видов кислорода с помощью механизмов, например посредством ингибирования PARP1 [24].

Оценив общую активность витамина D в тканях, можно предположить и о его значимости в патофизи-

ологии БП витамина D. Механизмы связывания и активации являются сложными, многокомпонентными и достаточно вариативными системами. Так, рецептор витамина VDR9, локализованный на клеточной мембране связывается с витамином и интернализуется в цитоплазму, где взаимодействует с ретиноидным рецептором X. Этот комплекс затем связывается с элементами отклика витамина D, стимулируя их экспрессию [25]. VDR высоко экспрессируется не только в тканях и органах, участвующих в метаболизме кальция, как сообщалось выше, но и в ЦНС.

Есть основания полагать, что VDR может иметь возможное отношение к патофизиологии БП. Недавний доклад показал, что мыши с нокаутом VDR имеют поведенческий фенотип, схожий с БП человека, демонстрируя мышечные и двигательные нарушения, хотя и без отрицательного влияния на когнитивные функции [26].

Активизация витамина, опосредованная ферментом 1 $\alpha$ -гидроксилазой, протекает совместно с реализацией генного материала VDR. VDR и 1 $\alpha$ -гидроксилаза экспрессируются в различных областях мозга не только у крыс, но и у людей, причем сходным образом. Дофаминергические нейроны чёрной субстанции, в частности, демонстрируют высокую экспрессию VDR [27] и в этой области также наблюдается сильное иммунохимическое присутствие 1 $\alpha$ -гидроксилазы.

Значительная экспрессия VDR и 1 $\alpha$ -гидроксилазы в СНпк представляет особый интерес для выяснения патогенеза БП. Исследования показали, что начало экспрессии VDR в среднем мозге крыс происходит очень рано во время эмбрионального развития и совпадает со сроками развития дофаминергических нейронов [28].

В другом исследовании был проведен анализ распределения и локализации 1 $\alpha$ -гидроксилазы и VDR в аутоптических образцах мозга пациентов с БП [29]. Авторы обнаружили, что у пациентов с БП экспрессия 1 $\alpha$ -гидроксилазы в дофаминергических нейронах ниже, чем у здоровых людей. С другой стороны, 1 $\alpha$ -гидроксилаза сверхэкспрессировалась в астроцитах и, в частности, в мозговых структурах, связанных с БП (дорсальное ядро блуждающего нерва, чёрная субстанция и лобная кора). Эти астроциты, по-видимому, участвуют в клиренсе  $\alpha$ -Syn посредством аутофагии [30].

#### **Прием витамина D при болезни Паркинсона**

Оценив значимость витамина D в патогенезе БП, были проведены исследования. Так, наиболее значимая информация о пользе приема витамина D среди населения берется из данных, полученных в ходе мегатриалов 2017–2020 годов, посвященных приему витамина D у взрослых, испытывающих недостаток витамина D (VITAL, VIDA, D2d, DO-HEALTH). Эти исследования показывают, что повышение концентрации 25-ОН-D в сыворотке крови в диапазоне высоких значений (50–125 нмоль/л или 20–50 нг/мл) не создает значительного преимущества в клинических состояниях, таких как сердечно-сосудистые явления, онкогенез, сахарный

диабет 2 типа и нейродегенерация. Таким образом, добавки витамина D у (и без того) людей с недостатком витамина D, по-видимому, не обеспечивают защитного эффекта [31].

На сегодняшний день лишь немногие исследования доказали влияние приема витамина D на риск развития болезни Паркинсона и прогрессирование заболевания, и результаты этих исследований противоречивы.

Suzuki и др. провели рандомизированное плацебо-контролируемое исследование, в котором изучали влияние приема 1200 МЕ в день витамина D на пациентов с болезнью Паркинсона в течение 12 месяцев. Уровень витамина D в сыворотке крови удвоился в группе, принимавшей добавку, в то время как в группе плацебо он не повысился. Тяжесть двигательной активности осталась неизменной в группе, принимавшей добавку, но ухудшилась в противоположной группе [32].

Продольное исследование, в котором приняли участие 1741 человек с недавно диагностированной болезнью Паркинсона, разделенных на четыре группы в зависимости от приема добавок (без приема добавок; поливитаминные добавки; поливитамины плюс витамин D; только витамин D), не выявило никаких различий в прогрессировании заболевания во всех группах через три года. Более того, никаких изменений в основных показателях (Унифицированная шкала оценки болезни Паркинсона (UPDRS), повседневная деятельность, ADL, опросник болезни Паркинсона (PDQ), тест на символные цифровые модальности (SDMT) или эквивалентная доза леводопы (LED)) в конце наблюдения выявлено не было [33].

Barichella и др. оценили эффект пищевой добавки на основе сывороточного белка, обогащенной витамином D, у пациентов с болезнью Паркинсона и паркинсонизмом, показав, что употребление этой добавки способно улучшить функцию нижних конечностей и сохранить мышечную массу [34].

### Выводы

Таким образом, связь между низким статусом витамина D и БП подтверждается практическими и теоретическими исследованиями с разными мишенями и масштаба. Можно точно заключить, что изучение на животном и, в последнее время, человеческом мозге обозначает роль витамина D как нейропротекторную. В работе приведены случаи взаимосвязи между факторами активности витамина D и БП как с молекулярной точки зрения, так и с клинической.

Говоря о связи уровня витамина D и патофизиологии болезни Паркинсона, можно точно обозначить, что дефицит витамина D приводит к гибели дофаминергических нейронов. Также как и добавки витамина D защищают от истощения дофамина в чёрной субстанции среднего мозга крыс. Эти результаты свидетельствуют о потенциальной роли витамина D как биомаркера БП, также как и уровень экспрессии VDR и 1 $\alpha$ -гидроксилазы в мозге. С клинической точки зрения, точно можно сказать о высокой распространенности гиповитаминоза D у пациентов с БП. Хотя влияние гиповитаминоза D на риск развития БП и тяжесть двигательных нарушений достаточно хорошо изучено, данные о связи гиповитаминоза D с когнитивными нарушениями, а также другими немоторными симптомами менее надежны.

### Литература:

1. Plum, L. A., DeLuca H. F. Vitamin D, disease and therapeutic opportunities. *Nat. Rev. Drug Discov.* 2010; 9:941–955.
2. Pilz, S., Zittermann A., Trummer C., Theiler-Schwetz V., Lerchbaum E., Keppel M. H., Grübler M. R., März W., Pandis M. Vitamin D testing and treatment: A narrative review of current evidence. *Endocr. Connect.* 2019;8: R27–R43.
3. Veldurthy, V., Wei R., Campbell M., Lupicki K., Dhawan P., Christakos S. 25-Hydroxyvitamin D3 24-Hydroxylase: A Key Regulator of 1,25(OH)2D3; Catabolism and Calcium Homeostasis. *Vitam. Horm.* 2016; 100:137–150.
4. Sosa Henríquez M., Gómez de Tejada Romero M. J. Cholecalciferol or Calcifediol in the Management of Vitamin D Deficiency. *Nutrients.* 2020; 12:1617.
5. Giustina, A., Adler R. A., Binkley N., Bouillon R., Ebeling P. R., et al. Consensus statement from 2nd International Conference on Controversies in Vitamin D. *Rev. Endocr. Metab. Disord.* 2020; 21:89–116.
6. Evatt, M. L., Delong M. R., Tangpricha V., Parkinson Study Group DATATOP Investigators High prevalence of hypovitaminosis D status in patients with early Parkinson disease. *Arch. Neurol.* 2011; 68:314–319.
7. DATATOP: A multicenter controlled clinical trial in early Parkinson's disease. Parkinson Study Group. *Arch. Neurol.* 1989; 46:1052–1060.
8. Evatt, M. L., Delong M. R., Khazai N., Rosen A., Triche S., Tangpricha V. Prevalence of vitamin d insufficiency in patients with Parkinson disease and Alzheimer disease. *Arch. Neurol.* 2008; 65:1348–1352.
9. Ding, H., Dhima K., Lockhart K. C., Locascio J. J., Hoising A. N., Duong K., Trisini-Lipsanopoulos A., et al. Unrecognized vitamin D3 deficiency is common in Parkinson disease: Harvard Biomarker Study. *Neurology.* 2013; 81:1531–1537.
10. Baert, F., Matthys C., Mellaerts R., Lemaître D., Vlaemynck G., Foulon V. Dietary Intake of Parkinson's Disease Patients. *Front. Nutr.* 2020; 7:105.
11. Knekt, P., Kilkkinen A., Rissanen H., Marniemi J., Sääksjärvi K., Heliövaara M. Serum vitamin D and the risk of Parkinson disease. *Arch. Neurol.* 2010;67:808–811.

12. Sleeman, I., Aspray T., Lawson R., Coleman S., Duncan G., Khoo T. K., Schoenmakers I., Rochester L., Burn D., Yarnall A. The Role of Vitamin D in Disease Progression in Early Parkinson's Disease. *J. Parkinson's Dis.* 2017; 7:669–675.
13. Lv, L., Zhang H., Tan X., Qin L., Peng X., Bai R., Yan W., et al. Assessing the Effects of Vitamin D on Neural Network Function in Patients With Parkinson's Disease by Measuring the Fraction Amplitude of Low-Frequency Fluctuation. *Front. Aging Neurosci.* 2021; 13:763947.
14. Kenborg, L., Lassen C. F., Ritz B., Schernhammer E., Hansen J., Gatto N. M., Olsen J. H. Outdoor work and risk for Parkinson's disease: A population-based case-control study. *Occup. Environ. Med.* 2011; 68:273–278.
15. Kravietz, A., Kab S., Wald L., Dugravot A., Singh-Manoux A., Moisan F., Elbaz A. Association of UV radiation with Parkinson disease incidence: A nationwide French ecologic study. *Environ. Res.* 2017; 154:50–56.
16. Wang, L., Evatt M. L., Maldonado L. G., Perry W. R., Martin E. R., Haines J. L., Vance J., Vance J. M., et al. Vitamin D from different sources is inversely associated with Parkinson disease. *Mov. Disord.* 2015; 30:560–566.
17. Lubomski, M., Davis R. L., Sue C. M. Gastrointestinal dysfunction in Parkinson's disease. *J. Neurol.* 2020; 267:1377–1388.
18. Shrestha, S., Lutsey P. L., Alonso A., Huang X., Mosley T. H., Jr., Chen H. Serum 25-hydroxyvitamin D concentrations in Mid-adulthood and Parkinson's disease risk. *Mov. Disord.* 2016; 31:972–978.
19. DeLuca, G. C., Li G., Ramagopalan S. Parkinson disease and vitamin D: An interplay between genes and the environment? *Arch. Neurol.* 2011; 68:1615–1616.
20. Di Somma C., Scarano E., Barrea L., Zhukouskaya V. V., Savastano S., Mele C., Scacchi M., Aimaretti G., Colao A., Marzullo P. Vitamin D and Neurological Diseases: An Endocrine View. *Int. J. Mol. Sci.* 2017; 18:2482.
21. DeLuca, G. C., Li G., Ramagopalan S. Parkinson disease and vitamin D: An interplay between genes and the environment? *Arch. Neurol.* 2011; 68:1615–1616.
22. Puchacz, E., Stumpf W. E., Stachowiak E. K., Stachowiak M. K. Vitamin D increases expression of the tyrosine hydroxylase gene in adrenal medullary cells. *Brain Res. Mol. Brain Res.* 1996; 36:193–196.
23. Sanchez, B., Lopez-Martin E., Segura C., Labandeira-Garcia J. L., Perez-Fernandez R. 1,25-Dihydroxyvitamin D(3) increases striatal GDNF mRNA and protein expression in adult rats. *Brain Res. Mol. Brain Res.* 2002; 108:143–146.
24. Qu, H., Lin K., Wang H., Wei H., Ji B., Yang Z., Peng C., Xiao X., Deng H. 1,25(OH)<sub>2</sub> D<sub>3</sub> improves cardiac dysfunction, hypertrophy, and fibrosis through PARP1/SIRT1/mTOR-related mechanisms in type 1 diabetes. *Mol. Nutr. Food Res.* 2017; 61:1600338.
25. Bikle, D., Christakos S. New aspects of vitamin D metabolism and action—Addressing the skin as source and target. *Nat. Rev. Endocrinol.* 2020; 16:234–252.
26. Burne, T. H., McGrath J. J., Eyles D. W., Mackay-Sim A. Behavioural characterization of vitamin D receptor knockout mice. *Behav. Brain Res.* 2005; 157:299–308.
27. Eyles, D. W., Smith S., Kinobe R., Hewison M., McGrath J. J. Distribution of the vitamin D receptor and 1 alpha-hydroxylase in human brain. *J. Chem. Neuroanat.* 2005; 29:21–30.
28. Veenstra, T. D., Prüfer K., Koenigsberger C., Brimijoin S. W., Grande J. P., Kumar R. 1,25-Dihydroxyvitamin D<sub>3</sub> receptors in the central nervous system of the rat embryo. *Brain Res.* 1998; 804:193–205.
29. Mazzetti, S., Barichella M., Giampietro F., Giana A., Calogero A. M., Amadeo A., Palazzi N., Comincini A., Giaccone G., Bramerio M., et al. Astrocytes expressing Vitamin D-activating enzyme identify Parkinson's disease. *CNS Neurosci. Ther.* 2022; 28:703–713.
30. Grant, W. B., Boucher B. J., Pludowski P., Wimalawansa S. J. The emerging evidence for non-skeletal health benefits of vitamin D supplementation in adults. *Nat. Rev. Endocrinol.* 2022; 18:323.
31. Suzuki, M., Yoshioka M., Hashimoto M., Murakami M., Noya M., Takahashi D., Urashima M. Randomized, double-blind, placebo-controlled trial of vitamin D supplementation in Parkinson disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 2013; 97:1004–1013.
32. Luthra, N. S., Kim S., Zhang Y., Christine C. W., NINDS NET-PD Investigators. Characterization of vitamin D supplementation and clinical outcomes in a large cohort of early Parkinson's disease. *J. Clin. Mov. Disord.* 2018; 5:7.
33. Barichella, M., Cereda E., Pinelli G., Iorio L., Caroli D., Masiero I., Ferri V., Cassani E., Bolliri C., Caronni S., et al. Muscle-targeted nutritional support for rehabilitation in patients with parkinsonian syndrome. *Neurology.* 2019; 93:e485–e496.

## Судебно-медицинский анализ детского несмертельного дорожно-транспортного травматизма в Краснодаре за 2021 год

Конова Дарья Александровна, студент

Научный руководитель: Ануприенко Сергей Анатольевич, ассистент  
Кубанский государственный медицинский университет (г. Краснодар)

*В данной работе изучены причины и условия дорожно-транспортных происшествий с участием детей. Освещены эпидемиологические стороны детского дорожно-транспортного травматизма, характер полученных повреждений и степень тяжести вреда, причиненного здоровью детей.*

**Ключевые слова:** детский несмертельный дорожно-транспортный травматизм, эпидемиология, характер повреждений, вред здоровью.

**Введение.** Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) на протяжении многих лет занимают лидирующие позиции в структуре механической травмы не только России, но и в большинстве ведущих стран мира. Ежегодно в мире в результате ДТП гибнут более 186 тысяч детей в возрасте до 18 лет [1]. Гораздо большее количество детей получают повреждения различной степени тяжести, некоторые из них приводят к стойкой утрате общей трудоспособности.

По данным официального сайта Госавтоинспекции МВД России, в 2021 году в Российской Федерации было совершено 19866 ДТП с участием детей в возрасте до 18 лет, в которых было ранено 21936 детей, погибло 762 ребёнка. Краснодар является крупнейшим транспортным узлом Кубани, занимает второе место по обеспеченности легковыми автомобилями на тысячу жителей в городах России с населением свыше 1 млн. человек. В 2021 году г. Краснодаре произошло 121 ДТП с участием несовершеннолетних, в которых погибло 4 ребёнка, ранено — 193.

В течение месяца имеются периоды, в которые в организме человека возникают изменения (хронобиология), отрицательно влияющие на его телесное и психическое здоровье [2]. Это обусловлено изменением тонуса сосудов, а это, в свою очередь, приводит к угнетению настроения, рассеянности внимания, что повышает риск ДТП.

**Цель исследования.** Проанализировать обстоятельства, особенности повреждений у детей при различных видах ДТП в г. Краснодаре, а также судебно-медицинскую оценку причиненного вреда здоровью.

**Материалы и методы.** Объектом исследования являлись регистрационный журнал и архивные экземпляры «Заключения эксперта» и «Актос судебно-медицинского исследования» отдела судебно-медицинской экспертизы потерпевших, обвиняемых и других лиц ГБУЗ «Бюро СМЭ» в отношении детей, пострадавших в ДТП на территории г. Краснодара в 2021 году. Создана база данных в электронных таблицах Microsoft Excel. Анализировались такие параметры как пол, возраст, место, время, фаза лунного цикла, характер повреждений и степень тяжести причиненного вреда здоровью.

**Результаты и обсуждение.** Всего в 2021 г. в отделе судебно-медицинской экспертизы потерпевших, обвиняемых и других лиц ГБУЗ «Бюро СМЭ» в г. Краснодаре экспертизы и освидетельствования были проведены в отношении 126 несовершеннолетних пострадавших при ДТП, 59,1 % из них пришлось на лица мужского пола. Были выделены четыре возрастные группы: 1-я группа — дети до 3 лет (5,6 %), 2-я — от 4 до 7 лет (2,4 %), 3-я — от 8 до 13 лет (53,9 %), 4-я — от 14 лет до 18 лет (38,1 %).

В абсолютных цифрах данные исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Распределение пострадавших по возрасту и полу (абс.)

	до 3-х лет	4–7 лет	8–13 лет	14–18 лет
Мальчики	5	2	35	35
Девочки	2	1	33	13

Наиболее часто дети получали травмы летом (29,4 %) и осенью (28,6 %), реже — зимой и весной — 18,2 % и 23,8 % соответственно.

Среди дней недели самым травмоопасным днем являлась среда — 18,9 %, также фиксировалось повышение травматизации несовершеннолетних в выходные дни (рис. 1).

В вечернее время в период с 17:00 до 18:00 часов фиксировалось наибольшее число пострадавших детей (рис 2.).

В дни, близкие к новолунию и полнолунию (за 4 дня до и после), зафиксировано 70,4 % случаев, поровну в периоды новолуния (35,2 %) и полнолуния (35,2 %).

Анализ по месту ДТП показал, что на дорогах города пострадали 76,2 % детей, из них 28,6 % на пешеходных переходах в области пересечения дорог; на дорогах регионального и федерального значения, которые проходят через город и пригородную зону, — 14,3 %, на дворовой



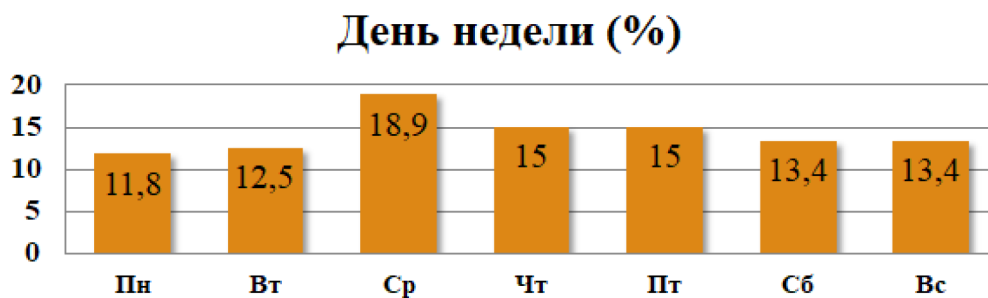


Рис. 1 Распределение пострадавших при ДТП по дням недели



Рис. 2 Распределение пострадавших при ДТП в течение суток

территории — 9,5 %. Пешеходами являлись 66,7 % участников ДТП, пассажирами транспортных средств — 23,8 %, водителями мото- или велотранспорта — 3,5 %.

Внимания заслуживают участвовавшие в последнее время происшествия с участием детей, передвигающихся на электросамокатах, среди которых было выявлено 4,8 % случаев от общего числа пострадавших детей. Следует отметить, что при столкновении автомобиля с ребенком, передвигающимся на самокате, при регистрации в ГИБДД такой случай фиксировался как «наезд на пешехода». Если же ребенок, передвигавшийся на самокате, получал повреждения при столкновении с какой-либо преградой, исключая транспортное средство, или просто падал с самоката и получал при этом повреждения различной тяжести, то такой случай не являлся дорожно-транспортным и, как правило, судебно-медицинская экспертиза или освидетельствование не проводились.

После получения повреждений 36,5 % детей были госпитализированы в медицинские учреждения, 49,2 % лечились амбулаторно, 10,3 % медицинская помощь оказывалась только сотрудниками скорой медицинской помощи, 4 % за медицинской помощью не обращались.

В 41,3 % случаев травма у детей являлась сочетанной; изолированная травма определялась у каждого второго ребёнка (49,2 %), множественные повреждения встречались в 9,5 % случаев.

Травма головы фиксировалась в 58,7 % случаев, при этом повреждения мягких тканей головы были представлены кровоподтёками (40,6 %), ссадинами (28,3 %) и ранами (31,1 %). В 27 % травма головы сопровождалась переломами

черепа: в 7 случаях определялись переломы мозгового отдела, в 9 — лицевого отдела, в 3 — на их сочетание. Черепно-мозговая травма у детей выглядела следующим образом: наиболее легкая форма — сотрясение головного мозга встречалась у 9 пострадавших; ушибы головного мозга — у 15, (2 тяжелой степени, 5 — средней и 8 — легкой). Травма головы у пешеходов выявлялась в 61,2 % наблюдений, пассажиров транспортных средств — 28,8 %, водителей — 10 %.

Каждый третий (32,5 %) пострадавший получал травму верхних конечностей, при этом повреждения мягких тканей были представлены — ссадинами (61 %), кровоподтёками (29,3 %), и ранами (9,7 %). У каждого четвертого ребенка (24,4 %) с травмой верхних конечностей определялись переломы (5 случаев перелома плечевой кости, 3 — костей предплечья и 2 — ключицы).

Травма нижних конечностей определялась в 54 % случаев, из них кровоподтёки наблюдались у 52,1 % детей, ссадины — у 39,7 %, раны — у 8,2 %. У каждого четвертого (25 %) ребенка выявлялись переломы: бедренной кости (4), надколенника (2), костей голени (9), костей стопы (2). Следует отметить, что 90 % от общего количества переломов верхних конечностей и 64,7 % переломов нижних конечностей определялись у пешеходов.

Травмы грудной клетки, живота и таза составили соответственно 6,5 %, 9,3 %, 10,3 %. Среди повреждений грудной клетки встречались единичные переломы рёбер, среди повреждений живота отмечались такие травмы, как разрыв печени, селезёнки, ушиб этих органов. В трех случаях из четырех повреждения таза сопровождалась переломами и приходились на долю пешеходов (87,5 %).



При оценке полученных повреждений по степени тяжести вреда, причиненного здоровью детей, выявлено, что тяжкий вред здоровью устанавливался в 23,8 % слу-

чаев (рис. 3), при этом среди них представителей мужского пола было в 2 раза больше (таб. 2).

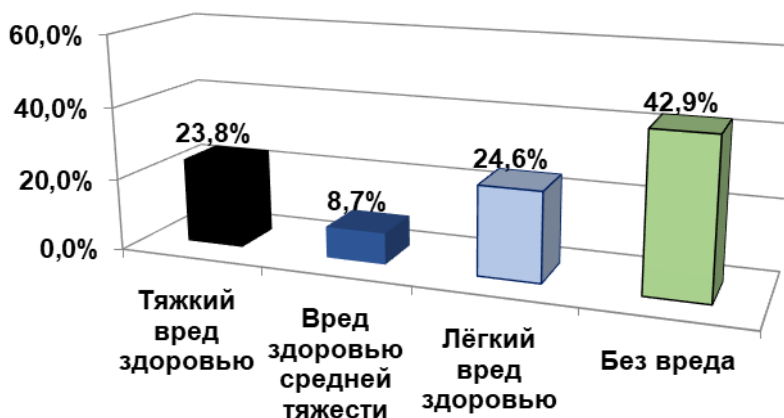


Рис. 3. Оценка повреждений по степени тяжести вреда причиненного здоровью человека

Легкий вред здоровью устанавливался судебно-медицинским экспертом каждому четвертому ребенку (24,6 %), что подробно представлено в таблице 2.

Таблица 2. Распределение детей по полу и степени причинённого вреда здоровью (абс.)

	Тяжкий вред здоровью	Вред здоровью средней тяжести	Лёгкий вред здоровью	Без вреда
Мальчики	20	7	19	32
Девочки	10	4	12	22
Всего	30	11	31	54

**Выводы.** Среди пострадавших детей более половины из них входили в возрастную группу от 8 до 13 лет, при этом были представлены практически одинаковым количеством обоих полов. Наиболее часто дети травмировались в летне-осенний период с пиковыми значениями в июне — 11,1 % и в ноябре 12 %. В эти периоды у детей начинаются каникулы в школе и их передвижение в городе возрастало. Среда — наиболее травмоопасный день недели для детской дорожно-транспортной травмы, «час-пик» — вечернее время с 17:00 до 18:00. Дни близкие к новолунию и полнолунию — зона повышенного риска ДТП с участием детей.

Наиболее часто повреждения у детей локализовались в области головы, второе место — травма нижних конечностей, третье — верхних конечностей. Кровопотекли преобладали над другими повреждениями мягких тканей

при травме головы и нижних конечностей, ссадины — при травме верхних конечностей. У каждого четвертого ребенка с травмой в области головы и конечностей определялись переломы костей черепа и конечностей.

Тяжкий вред здоровью по результатам проведенной судебно-медицинской экспертизы устанавливался каждому четвертому ребенку, что вызывает особую тревогу и озабоченность, поскольку в таких случаях не исключается возможность инвалидизации детей, а это в свою очередь, является не только серьёзной социальной, но и экономической проблемой, требующей внедрения широкого спектра мер профилактики.

Всё вышеизложенное свидетельствует о необходимости повышения внимания к вопросам профилактики детского травматизма и формирования у детей навыков безопасного поведения на дороге.

#### Литература:

1. Моисеева, А. Р., Долженко К. М., Колодезная А. С., Детский дорожно-транспортный травматизм в России и его профилактика // Инновационная наука. 2020. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/detskiy-dorozhno-transportnyy-travmatizm-v-rossii-i-ego-profilaktika> (дата обращения: 02.03.2023).
2. Биленко, Н. П., Ардашев Р. Г., «Медицинские и криминологическо-криминалистические аспекты исследований месячных биоритмов», 2019. — 140 с.

## ЭКОЛОГИЯ

### Potential factors affect the use of urban green spaces in Danang city

Phung Khanh Chuyen, Ph. D.

The University of Danang, University of Science and Education, Viet Nam

*The possible health advantages of green space, and particularly the usage of green space, are attracting more and more scientists and policymakers' interest. Knowledge of how, why, and which factors influence the usage of green space is becoming increasingly demanded for the purposes of local planning as well as the policy to encourage residents to visit green space. The results of a study of 215 Danang residents randomly chosen served as the basis for the current investigation. Respondents were questioned about their proximity to different types of green space, consisting of the seas, beaches, natural and artificial lakes, rivers, and springs; parks and other green areas; natural and plantation forests; other natural open areas (Son Tra Peninsula, Ba Na Hill, hot springs); how frequently they used each of these areas; and their primary motivations for doing so. In order to determine the relationship between potential predictors and the frequency of visits to green space, multiple logistic regression analysis was used. The findings reveal that 76.5 % of respondents visit green spaces at least once a week and that 14.2 % of respondents visit green spaces daily. Most of the respondents reside far from green space, and only 18.8 % of them live within 300 meters of green space. For 75.8 % of the respondents, visiting a green place is most important since it allows them to take in the weather, relax, and gather with friends and family. The majority of Danang citizens do not consider distance to a green space to be a barrier for coming to beaches, lakes, rivers, and parks, but it is when coming to forests and other open natural areas. Age, gender, and marital status also influence the frequency of visits. Careful consideration of green space availability and social-demographic factors when building more green space as well as developing an effective plan to enhance the usage of green space in Danang is crucial.*

**Keywords:** factors, affect, urban green space, use of green space, Danang city.

#### 1. Introduction

Danang has achieved continual development steps in several fields in tandem with the expansion of the national economy. Industrialization and urbanization have occurred simultaneously and are spreading across Danang city; the living standard of society is likewise rising day by day, as are people's amusement needs as well as those of the population. Along with economic development, the risk of environmental degradation, particularly in urban green spaces, is increasing, inversely proportional to urban architectural space development. Given this reality, managers and urban planners are deeply concerned about the issue of sustainable development.

Urban green space is outlined as all publicly owned and accessible open space with a high percentage of vegetation cover, such as parks, forests, natural areas, and other green space located within the city boundary region (Schipperijn *et al.*, 2013). According to numerous studies (Bedimo-Rung *et al.*, 2005; Europe, 2016; Twohig-Bennett and Jones, 2018; Aerts *et al.*, 2021), urban green space can significantly improve public health by promoting physical, psychological, social, economic, and environmental advantages.

Green space is one of the values that should be prioritized in the general development of the Danang metropolitan re-

gion. The fact, however, demonstrates that there are very few trees in residential areas and that the surrounding environment is unbalanced and unsuitable. Residential, commercial, and industrial areas will continue to form and grow in line with the urbanization trend, resulting in the development of infrastructure and transportation. Therefore, in order to satisfy the current trend toward harmony in the relationship between people, society, and nature, the significance of planning for and utilising green space needs to be seriously acknowledged and analyzed. Consequently, it has emerged as a crucial indicator of a city's development, quality of life, and capacity for sustainable development (Zhu & Xu, 2021).

However, there hasn't been much research on what could motivate someone to explore various kinds of green space in Vietnam, particularly in the well-known city of Danang. This study was conducted to improve different types of green space and tactics that would encourage locals to use these spaces, as well as to give fundamental knowledge and a scientific basis for municipal spatial planning decisions. Understanding the factors impacting the use of various types of green space in Danang city, such as the oceans, beaches, parks, lakes, green cover, forests, and other open natural places (peninsulas, hot springs, etc.), was the main goal of the study.

## 2. Research methodology

### 2.1. Method of collecting and analyzing relevant secondary data

Data and documents were evaluated and synthesized based on a review of the available reliable sources in order to produce an in-depth and comprehensive document on the research topic.

### 2.2. Data collection method: Survey using questionnaire

Data was collected by the survey with a questionnaire. The questionnaire included a brief introductory letter describing the aim and topics of the survey and was given to each respondent. The participation in the study is entirely voluntary.

The method of constructing the questionnaire is based on the reference published by Ballinger and Davey (1998), with specific steps as follows:

- Outline questions
- Choose the question form
- Edit the wording of the question
- Choice of answer form
- Arrange the order of questions
- Preliminary survey (trial) with questionnaire
- Edit the questionnaire
- Select survey form
- Create formal survey and start the process of data collection

The questionnaire is divided into two main sections: The first section of the questionnaire (question 1–4) focuses on social and demographic data; the second section (question 5–16)

to gather all the data required for the study, such as the location of different types of green space, how often people visit them, how good they are, and why people come to these places.

The final questionnaire was used to collect data from the people after being updated and corrected. After the in-person short interview, participants were required to complete a questionnaire.

There were 215 people that received questionnaires in all. The response rate was 81.9 %, hence the total number of respondents was 176. The respondents represent a variety of social groups, including workers, students, and leaders, and their ages range from 16 to 69. Additionally, the respondents are from the Thanh Khe, Hai Chau, and Son Tra districts of Da nang. Representatives of the city's environmental, development, planning, and sustainable development agencies made up about 10 % of the responses.

### 2.3. Method of statistical analysis

Multivariate regression analysis was used to examine the association between various covariates (distance, gender, age, marriage status, education, type of housing and residential population, etc.) and the frequency of visits. All the analysis was complete by SPSS software (version 22) (IBM Corp.)

## 3. Results

### 3.1. Distance of residence to different types of green space in Danang city and frequency of use

The distance of residence to different types of green space in Danang city and the frequency of visits are shown in **Table 1** below.

Table 1. Distance between residence and different types of green space and frequency of visits to these areas

Factor	Seas, beaches, natural and artificial lakes, rivers and springs	Parks and other green areas	Natural and plantation forests	Other natural opened areas (Son Tra Peninsula, Ba Na Hill, hot springs, etc.)
<b>Distance from place of residence</b>				
<300m	6.8 %	9.1 %	2.3 %	0.6 %
300m — 1km	23.3 %	17.0 %	4.0 %	2.8 %
1–5km	39.2 %	43.2 %	23.2 %	8.5 %
> 5km	30.7 %	30.7 %	70.6 %	88.1 %
<b>Frequency of visits</b>				
Daily	4.5 %	6.3 %	1.1 %	2.3 %
Several times a week	11.4 %	11.4 %	3.4 %	4.0 %
Weekly	13.6 %	12.5 %	6.8 %	3.4 %
Monthly	39.8 %	38.6 %	13.6 %	20.5 %
Rarely or Never	30.7 %	31.2 %	75.0 %	69.9 %

As can be seen from **Table 1**, a great percentage of respondents (30.7–43.2 %) answered that the distance from their residential place to the sea, beaches, natural and artificial lakes, rivers and springs; parks and other green areas is quite far (from 1–5km) or far (>5km); roughly 70–90 % of the respondents reside far (>5km) from forests and other open natural regions. Only 0.6–9.1 % said that these spots (all types of green space) are within 300 meters of their home.

All kinds of green spaces in the study receive very few daily visits, which accounts for a very low rate of 1.1–6.3 %, with the lowest percentage being the daily visits to natural and plantation forests of respondents, which accounted for only 1.1 %. The percentage of respondents who said they frequently come to parks, beaches, and lakes each month is nearly 40 %, which is almost equal to those who visit parks and green spaces monthly. For these types of green space, about 11.4–13.6 % responded that they visit one or more times a week, and the

rates are even much lower in the case of forests and other natural open areas (3.4–6.8 %). While about 70–75 % of people in the survey rarely or never visit forests and other natural open areas, this happens less to the sea, beaches, lakes, rivers,

and springs; parks and other green areas (about 31 % for each group).

### 3.2. Social-demographic characteristics of respondents

Data organization for social — demographic factors in the study sample is presented in **Table 2** below:

Table 2. Social-demographic characteristics of respondents in the study

Factor	Percentage
<b>Gender</b>	
Male	44 %
Female	56 %
<b>Age</b>	
16–24	55.4 %
25–44	26.0 %
45–64	18.6 %
<b>Education period (school and vocational education institution)</b>	
<10 years	
10–12 years	4.0 %
>= 13 years	18.2 %
	77.8 %
<b>Marriage status</b>	
Married	31.8 %
De facto relationship	2.3 %
Single	65.9 %
<b>Type of housing</b>	
Apartment	2.3 %
House	77.8 %
Others	19.9 %
<b>Population of residential area</b>	
≥ 60000 people	54.0 %
30000 — <60000 people	11.4 %
15000 — <30000 people	15.3 %
5000 — < 15000 people	11.9 %
<5000 people	7.4 %

The majority of respondents (55.4 %) are between the ages of 16 and 24; 56 % are female and 44 % are male; 77.8 % have completed at least 13 years of education; more than 65 % are single; 80 % of all housing is ordinary; and 54 % of respondents live in large urban areas with a population of more than 60,000 people.

### 3.3. The relationship between various factors and the frequency of visits to green space

Results from logistic regression analysis on the relationship between various factors and the frequency of visits to different kinds of green space is presented in **Table 3** below.

Table 3. Results from logistic regression analysis on the relationship between various factors and the frequency of visits to green space

Dependent variable	Independent variable	p — value
Frequency of visits to green spaces and parks	Age	<0.0001
	Gender	<0.0001
	Education level	0.366
	Marriage status	0.853
	Accommodation type	0.211
	Size of the resident population	0.100
	Distance from accommodation to parks and green areas	0.608

Dependent variable	Independent variable	p — value
Frequency of visits to the sea, beaches, rivers, springs and natural or artificial lakes	Age	0.209
	Gender	<b>0.022</b>
	Education level	0.394
	Marriage status	<b>0.016</b>
	Accommodation type	0.729
	Size of the resident population	0.507
	Distance from accommodation to sea, beach, lakes	0.452
Frequency of visits to natural or plantation forests	Age	0.114
	Gender	0.546
	Education level	0.108
	Marriage status	0.807
	Accommodation type	0.171
	Size of the resident population	0.157
	Distance from accommodation to forests	<b>0.040</b>
Frequency of visits to other open natural forests	Age	0.567
	Gender	<b>0.033</b>
	Education level	0.598
	Marriage status	0.264
	Accommodation type	0.629
	Size of the resident population	<b>0.002</b>
	Distance from accommodation to other open natural spaces	<b>&lt;0.0001</b>

The frequency of visiting parks is related to the following factors: age ( $p < 0.0001$ ) and gender ( $p < 0.0001$ ). At different ages, the frequency of visiting parks is also different. As with this research results, people aged 45–69 years old come here more often than those at a young age. Additionally, women visit green spaces more than men.

Gender and marital status are related to how frequently people visit green spaces at the sea, beaches, rivers, springs, and lake ( $p = 0.022$  and  $p = 0.016$  respectively). The frequency of

visits to green areas varies depending on marital status, single people make up the majority of these visitors.

The frequency of visits to natural or plantation forests and other open natural areas (such as Son Tra Peninsula, Ba Na Hill, hot springs, etc.) depends greatly on the distance from their homes to that area ( $p < 0.001$ ). The greater the distance from their home to these types of spaces (greater than 5km), the less frequently they visit.

### 3.4. The quality of different types of green space in Danang city

Table 4. Survey results on assessing the quality of different types of green spaces in Danang city

Quality of green spaces in Danang city	%
<b>Beaches, seas, natural and artificial lakes and parks</b>	
Good	44.2 %
Not good	17.1 %
Normal	69.2 %
<b>Natural or plantation forests</b>	
Good	27.0 %
Not good	18.6 %
Normal	55.4 %
<b>Other open natural regions</b>	
Good	77.1 %
Not good	4.0 %
Normal	18.9 %

Results from **Table 4** show that a vast percentage of respondents (55.4–69.2 %) assessed that the quality of the sea, beaches, lakes, parks, and forests in Danang city is normal. A smaller percentage of the respondents identified that these spots are in

good condition (44.2 % for the sea, beaches, lakes, parks, and 27.0 % for forests). However, 77.1 % of respondents thought that the quality of other open natural regions, such as: Son Tra Peninsula, Ba Na Hill, hot springs, etc., was good. There were



about 17.1–18.6 % of the respondents who said that the sea, beaches, lakes, parks, and forests are in «not good» condition. The frequency of visits to these types of green space also does not depend on their quality. Almost all types of green spaces

are good and at a normal level, but they are not visited by people due to the long distance from their homes to the spots.

### 3.5. Reasons for Danang residents to visit green spaces

Results of the reasons to visit green spaces in Danang city by survey respondents are showed in **Figure 1** below:

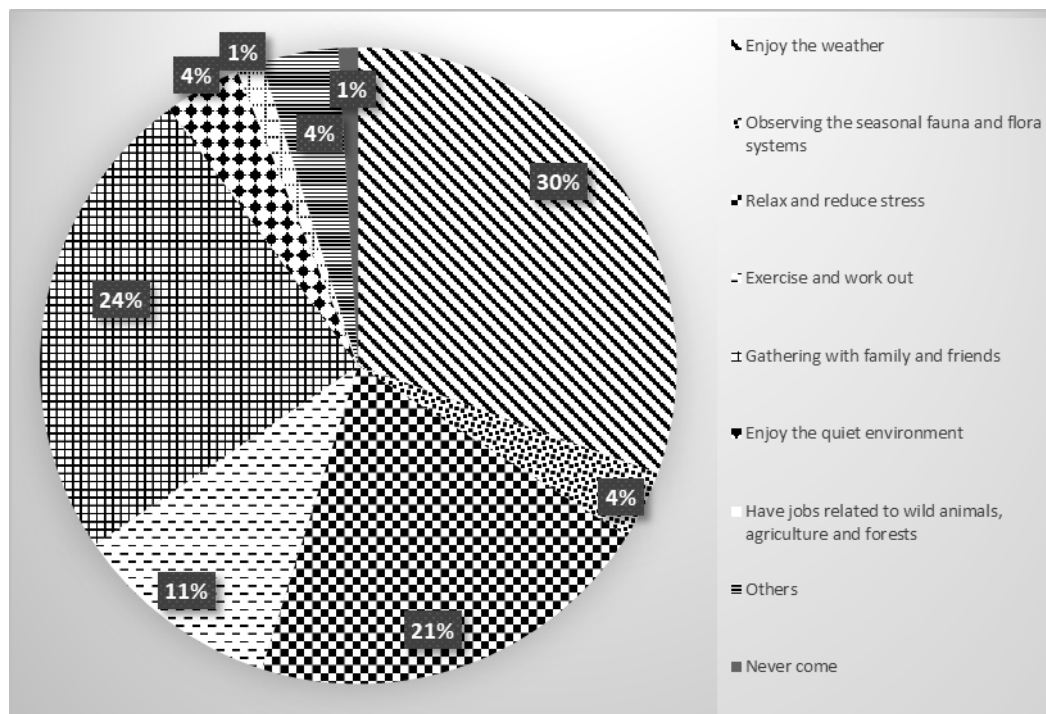


Fig. 1. Reasons for Danang residents to visit green space

Results from the survey showed that most people visit these types of green spaces for the reasons of enjoying the weather and fresh air, to relax, relieve stress, or do something with family and friends (21–30 %) (**Figure 1**). A small number of people come here to work, observe animals and plants, or for some other reason (4–11 %). About 11 % of respondents visit green spaces for physical exercise. Never visiting a green space is very rare; it occupies only 1 % of the respondents.

#### 4. Discussion

Distance is not a barrier to the use of green spaces such as areas with green cover, parks, the sea, beaches, rivers, springs, and lakes. This result is consistent with earlier findings from a Danish study (Schipperijn *et al.*, 2010) or with the statement that the use of urban green spaces can be affected by the distance to the spots (Pinto *et al.*, 2021). Similarly, in Zhongshan, the strongest predictor of park access was estimated travel time, compared to the proximity variable in Brisbane (Wang *et al.*, 2015). The finding is also in agreement with the study of Malek *et al.* (2015) in terms of park visitors, which suggested that distance is not a significant factor. While respondents viewed distance as a barrier to their use of well-known and adored sorts of green space, distance is likely not to be a limiting factor when it comes to the less popular and despised sorts of green areas. However, the sample size of the research was quite small due to time constraints. The research findings will be better and more properly reflected by a larger sample size.

In the present study, respondents were asked to estimate the distance to their nearest green space. Very few people have access to green spaces within 300 meters of their residence. Comparing the findings of two UK studies, Barbosa *et al.* (2007) discovered that 64 % of residents in Sheffield reside more than 300 meters from the nearest green space, and Comber *et al.* (2008) discovered that 89.7 % of Leicester residents did not have access to at least 2 hectares of green space within 300 meters. On the contrary, in some other countries, for example, Denmark appears to have relatively decent access to open space (Schipperijn *et al.*, 2010). 66.9 % of the Danish respondents live within 300 meters of green space. The difference in results between the present study and others may be due to differences in social characteristics and sample size. Results of the study also show that characteristics including gender, age, education, marital status, and ethnic background all have a big impact on people's use of green space. This is consistent with the statement of Shan (2014) that different sociodemographic groups have different requirements and expectations for urban green spaces, and as a result, diverse reasons for attending are expressed by them. In Danish society, various social groups use green space in various ways (Schipperijn *et al.*, 2010).

According to a study in Coimbra (Portugal), accessibility to urban green spaces is a key aspect considered by users (Pinto *et al.*, 2021). However, users also look for urban green spaces that fulfill their cultural ecosystem service demands, with mul-

tifunctional spaces providing high physical and emotional well-being levels. The study found that age group and average monthly income are strongly and inversely related to sports facilities in some parks. Additionally, the availability and accessibility of resources for physical activity participation differ by neighborhood socioeconomic status. Therefore, socioeconomic factors can influence the availability and accessibility of resources and facilities in urban green spaces, which in turn can affect their use by different groups of people (Pinto *et al.*, 2021).

The findings of this study suggest that when creating spatial plans to preserve and develop various types of urban natural and man-made green spaces or when suggesting strategies to encourage people to visit and protect green spaces, consideration should be given to not only the distance from residences to green spaces but also other social — demographic characteristics such as age, gender, and marital status. Additionally, it is crucial to take into account a range of pertinent factors, such as gender, age, education, and marital status.

The study by Liu *et al.* (2015) analyzed the impact of various socio-demographic factors on park visitation in Beijing, including age, gender, education level, income, and residential location. The results showed that age, income, and residential location were the most significant factors influencing park visitation.

The main reasons individuals go to various kinds of green places in Danang city are to relax, reduce stress, enjoy the weather, exercise, or spend time with friends and family. These results are quite similar to those of Liu *et al.* (2015), showing

that physical exercise, relaxation, and socializing were the most commonly reported reasons for visiting urban parks in Beijing. However, in this study, higher-level needs such as aesthetics, comfort, and enjoyment (interaction with nature, enjoying fresh air and cooler temperatures, reading, visiting cultural sites) also made up a significant portion of residents' motivation. These factors could be considered for future studies in this area.

### 5. Conclusion and suggested implication

For city dwellers, the distance to green space is a deterrent to using them or not, depending on the kind of green space. There are also other criteria, including gender, age, and marital status, that are significantly correlated with green space utilization. In order to increase the utilization of green space by the majority of city residents, an improved plan to provide additional green space nearby is necessary. The management of Danang city's green space system should be fully aware of the aforementioned objective and in accordance with accepted international standards. We provide some advice for better management that is more appropriate for the topic based on the research on the subject, as follows:

- For newly constructed residential neighborhoods where there is a great distance between green spaces, while also being unlikely to become a restricting issue, city planners should continue to think about extending the types of green spaces.

- In order to have better fundamental data for the planning, creation, and administration of green spaces, research on the use of green spaces must be scaled up and conducted on a larger number of samples.

### References:

1. Aerts, R., Bruffaerts, N., Somers, B., Demoury, C., Plusquin, M., Nawrot, T. S., & Hendrickx, M. (2021). Tree pollen allergy risks and changes across scenarios in urban green spaces in Brussels, Belgium. *Landscape and Urban Planning*, 207, 104001.
2. Barbosa, O., Tratalos, J. A., Armsworth, P. R., Davies, R. G., Fuller, R. A., Johnson, P., & Gaston, K. J. (2007). Who benefits from access to green space? A case study from Sheffield, UK. *Landscape and Urban planning*, 83(2–3), 187–195.
3. Bedimo-Rung, A. L., Mowen, A. J., & Cohen, D. A. (2005). The significance of parks to physical activity and public health: a conceptual model. *American journal of preventive medicine*, 28(2), 159–168.
4. Comber, A., Brunsdon, C., & Green, E. (2008). Using a GIS-based network analysis to determine urban greenspace accessibility for different ethnic and religious groups. *Landscape and urban planning*, 86(1), 103–114.
5. Europe, W. R. O. F. (2016). Urban green spaces and health. A review of evidence. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
6. IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.).
7. Liu, H., Li, F., Xu, L., & Han, B. (2017). The impact of socio-demographic, environmental, and individual factors on urban park visitation in Beijing, China. *Journal of Cleaner Production*, 163, S181–S188.
8. Malek, N. A., Mariapan, M., & Ab Rahman, N. I. A. (2015). Community participation in quality assessment for green open spaces in Malaysia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 168, 219–228.
9. Payne, L. L., Mowen, A. J., & Orsega-Smith, E. (2002). An examination of park preferences and behaviors among urban residents: the role of residential location, race, and age. *Leisure sciences*, 24(2), 181–198.
10. Pinto, L., Ferreira, C. S., & Pereira, P. (2021). Environmental and socioeconomic factors influencing the use of urban green spaces in Coimbra (Portugal). *Science of The Total Environment*, 792, 148293.
11. Schipperijn, J., Ekholm, O., Stigsdotter, U. K., Toftager, M., Bentsen, P., Kamper-Jørgensen, F., & Randrup, T. B. (2010). Factors influencing the use of green space: Results from a Danish national representative survey. *Landscape and urban planning*, 95(3), 130–137.

12. Shan, X. Z. (2014). Socio-demographic variation in motives for visiting urban green spaces in a large Chinese city. *Habitat International*, 41, 114–120.
13. Twohig-Bennett, C., & Jones, A. (2018). The health benefits of the great outdoors: A systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes. *Environmental research*, 166, 628–637.
14. Zhu, J., & Xu, C. (2021). Sina microblog sentiment in Beijing city parks as measure of demand for urban green space during the COVID-19. *Urban Forestry & Urban Greening*, 58, 126913.

# КУЛЬТУРОЛОГИЯ

## Особенности китайских похоронных традиций

Цыбулько Дарья Сергеевна, студент  
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы (Беларусь)

*В статье рассматриваются культурные традиции и обычаи, выявляются особенности проведения похорон в Китае и существующие обряды.*

*Ключевые слова:* обряд, обычай традиции, культура, этно-группа.

## Features of Chinese funeral traditions

Tsybulko Darya Sergeevna, student  
Grodno State University named after Yanka Kupala (Belarus)

*The article considers cultural traditions and customs, highlights the peculiarities of funerals in China and existing rituals.*

*Keywords:* ritual, custom, traditions, culture, ethno-group.

Обряды являются частью культуры каждого народа и имеют свои специфические особенности. Они могут иметь как положительное, так и отрицательное значение, в зависимости от того, с какой целью они проводятся. Например, ритуалы и обряды, направленные на обретение благополучия, здоровья и успеха, имеют позитивное значение, в то время как обряды, направленные на причинение вреда или нанесение поражения врагам, имеют негативное значение. В разных культурах применяются различные символы и предметы, которые играют важную роль в религиозных обрядах. Эти обряды и праздники занимают важное место в жизни людей и связаны не только с религиозными, но и социокультурными аспектами.

Обряд — традиционные действия, сопровождающие важные моменты жизни человеческого коллектива. Обряды, связанные с рождением, свадьбой, смертью называются семейными [1].

В данной статье мы остановились на традициях похорон. В некоторых культурах похороны сопровождаются обрядами, предназначенными для помощи души умершего в переходе на «другой берег». В других культурах похороны являются скорее знаком уважения к тому, кто ушел, и отражают обычаи и традиции этно-группы. Например, в некоторых культурах тело не убирают из дома до тех пор, пока все родственники и друзья не прощаются с умершим и не высказали ему последние слова. В других

культурах тело быстро переносят на кладбище, где проходит более формальная церемония. Также ритуалы похорон зависят от вероисповедания: например, в христианской традиции на могиле может быть установлен крест, а в мусульманской — камень, указывающий в направлении Мекки. В некоторых культурах тело должно быть погребено в определенное время после смерти, в других — могут проводиться церемонии в память об умершем в течение многих месяцев или даже лет. Независимо от этнической группы или эпохи, похороны играют важную роль в обществе — они помогают родственникам и друзьям умершего простаться с ним и отпустить его, показывают, как ценятся люди в обществе, и предоставляют возможность признавать утрату.

Китайские обряды похорон имеют давнюю историю. Изначально, китайский обряд похорон заключался в том, что тело накрывали листвой и закапывали вдали от поселения. Место захоронения никак не обозначалось. С развитием цивилизации появились соответствующие обряды и ритуалы похорон.

В Китае обряд похорон включает в себя несколько последовательных процедур и ритуалов [2]:

### 1. 送终 sòngzhōng

«Проводы в последний путь»

Это китайская традиция, которая заключается в том, чтобы организовать проводы и помощь в путешествии умирающего в последний путь и встречу с предками. Это

включает в себя организацию похоронного торжества и помощь в передаче души умершего в мир духов. Этот ритуал практикуется уже многие века и является важной частью культуры и верований Китая. Наиболее важным этапом этого обряда является «почитание (уважение) родителей» 孝 xiào. Это своего рода прощание с умирающим родственником, должны находиться рядом при кончине и на похоронах близких родных, как бы провожая их в последний путь. На этой церемонии обязательно должны быть дети умирающего. Во время этой церемонии запрещено громко плакать, чтобы не привлекать смерть [3].

#### 2. 招魂 zhāohún

«Призыв душ умерших»

Этот обряд древнекитайской религии, которая связана с вызовом духа умершего человека и его общением с живыми. В качестве ритуалов используются медитация, молитва и народные танцы. Во время практики люди приглашают духовных лидеров или монахов, чтобы они помогли им вызвать дух умершего родственника и обратиться к нему за советом или помощью. Практика считается одним из способов укрепления связи между живыми и умершими и считается важным элементом культуры и традиционного общества Китая.

#### 3. 报丧 bàosāng, 讣告 fùgào

«Извещение о смерти»

В современном китайском языке оба этих слова 报丧 и 讣告 обозначают извещение о смерти. Первое слово более разговорное — сообщать о смерти. Второе слово — некролог. Используются для того, чтобы сообщить о смерти человека в средствах массовой информации, особенно в газетах, опубликованных после смерти, содержащую личную информацию, сопровождаемую краткой биографией умершего [4]. Извещение о похоронах рассылаются в виде приглашений. На большинство китайских похорон приглашения выдаются белого цвета. Если человеку было 80 лет или больше, то приглашения будут розового цвета. Дожить до 80 лет или старше считается подвигом, заслуживающим празднования, и скорбящие должны праздновать долголетие человека, а не оплакивать его. Как только человек узнаёт о смерти близкого родственника он обязан отложить все дела и приехать на похороны. Для этого существует отдельное слово — 奔丧 běnsāng «спешить домой на похороны родственника (получив о том известие)».

#### 4. 小殓 xiǎoliàn

«Одевание покойника»

Также этот обряд называется «малые похороны». Обряд заключается в том, что ещё находящегося при смерти человека обмывают, бреют, остригают ему ногти и волосы. Далее его одевают в специальную погребальную одежду 寿衣 или 老衣. Цвет траурного одеяния — белый. Одевать человека после смерти считается в Китае непристойным. После смерти человека укладывают на деревянную доску, а в его рот кладут несколько рисинок или бумажные деньги. Это является символом «кормления покойника» 含口 hán kǒu. Так как существует суеверие, что в загробном мире, он может превратиться в «голодного

духа» 饿鬼 èguǐ. Затем лицо умершего накрывают бумагой или материей.

#### 5. 大殓 dàliàn

«Положение в гроб»

Этот обряд связан непосредственно с перенесением тела в гроб. Своего рода обретение последнего пристанища умершего. В день смерти, но не позднее чем на третий день тело помещают в гроб. Предварительно в него укладываются опилки или сухая трава, которые накрываются подстилкой и некоторые вещи умершего. Далее проводится «церемония освещения» 开光仪式 kāiguāng yíshì. Старший из детей наливает чашку чистой воды и протирает глаза, нос, рот, уши покойного, символизируя его способность и возможность воспринимать мир.

#### 6. 守灵 shǒulíng

«Почётный караул у гроба»

Нахождение рядом с покойником детей и близких родственников называется «несением почётного караула у гроба». Охранение тела — это традиция, которая проводится в период между его смертью и похоронами. Эта практика имеет как религиозное, так и культурное значение. Это может также помочь близким потерявшим любимого человека справиться со своим горем. Эта практика дает возможность провести время с усопшим, сказать ему прощай и избавиться от чувства незавершённости. Дети и родные поочередно стоят на коленях у гроба, мужчины, как правило, справа, а женщины — слева. Среди подарков могут быть траурные парные полотнища с изречениями 挽联 wǎnlián, благовонные свечи 香烛 xiāngzhú.

#### 7. 送葬 sòngzàng или 送殓 sònglǐn

«Проводы в последний путь»

Церемония начинается с последнего прощания, когда семья и друзья становятся на колени вокруг гроба и кланяются. Затем они обходят гроб и последний раз смотрят на покойного. Затем гроб закрывают крышкой и заколачивают гвозди. Гроб ставят на специальную «кровать» 杠床 gàng chuáng и уносят. Когда начинается похоронная процессия, старший сын возглавляет ее, неся траурный флаг 幡 fān, за ним следуют другие сыновья, несущие табличку с именем покойного 灵牌儿 língpáir, гроб с телом, оркестр, затем родственники и друзья, причем мужчины идут впереди, а женщины в конце очереди. По пути поют траурные мелодии. Перед процессией разбрасывают бумажные деньги. В некоторых районах Китая друзья и соседи покойного могут установить «чайные места» 茶桌 chá zhuō и «столик с поминальным угощением» 路祭 lùjì. Место захоронения определяется заранее, с точной ориентацией по сторонам света, выкапывается могила. [5].

#### 8. 解秽酒 jiěhuìjiǔ

«Поминальный обед»

По возвращении с кладбища начинается обряд поминальной трапезы, в котором принимают участие все родные и близкие покойного, а так же все участники траурной церемонии.

Время, в течение которого семье надлежит выдерживать траур, зависит от того, кем каждому из родствен-



ников приходился усопший. Скорбящим в течение месяца не следует снимать с руки белую траурную повязку, а в установленные обычаем дни необходимо посещать кладбище. Как и представители многих других культур, в момент траура жители Китая воздерживаются от посещения публичных и увеселительных мероприятий, не отмечают праздники.

Особенно строгих ограничений следует придерживаться самым близким родственникам покойного. Они затрагивают различные сферы жизни и даже запрещают

стричь волосы, делать прически и бриться в течение семи недель.

В качестве памятной даты в Китае существует традиционный праздник 清明节 qīngmíngjié праздник Цинмин. Традиционный китайский праздник поминовения усопших, приходится на начало апреля. В это время жители Поднебесной чтят память всех скончавшихся, ходят на погосты и обустраивают могилы, украшают их цветами, а дома проводят общие поминки по всем, кто покинул этот мир.

#### Литература:

1. Большой энциклопедический словарь / гл. ред. А. М. Прохоров. — Санкт-Петербург: Фонд «Ленингр. галерея», 2002. — 1628 с.
2. Готлиб, О. М. Этнология Китая. Обрядность и символика основных этапов жизни: учебное пособие / О. М. Готлиб. — 2-е изд. — М.: Издательский дом ВКН, 2018. — 104 с.
3. Васильев, Л. С. Культы, религии, традиции в Китае Серия «История. География. Этнография» Культы, религии, традиции в Китае / Л. С. Васильев — Москва: Ломоносовъ, 2015—415 с.
4. Кравцова, М. Е. История культуры Китая: Учеб. пособие для студентов вузов по специальности «Культурология» / М. Е. Кравцова. — 3. изд., испр. и доп. — СПб. [и др.]: Лань, 2003. — 415 с.
5. 中国民俗 [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://chinesefolklore.org.cn/> — Дата доступа: 10.05.2023

# ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ

## Анализ композиторских и исполнительских средств воплощения образа Лориса

Андриенко Марк Александрович, студент магистратуры  
Луганская государственная академия культуры и искусств имени М. Матусовского

*Ключевые слова:* мелодическая линия, ария, композитор, мелодия, партия, сцена.

Среди партий главных героев в опере У. Джордано «Федора» следует особо отметить партию Лориса как одну из ключевых в прочтении художественной концепции произведения. Интерпретация оперной партии, в данном случае, может быть рассмотрена в нескольких аспектах. Партия Лориса представляет своеобразное явление, которое заняло свое место в истории оперного театра. Анализ исполнительских прочтений этой партии, с одной стороны, позволяет обращаться к результату творческого поиска отдельного исполнителя, а с другой — рассматривать конкретную версию как уникальную исполнительскую интерпретацию, которая навсегда осталась в истории оперы как неповторимое явление [1, с. 13]. Несмотря на то, что это произведение часто называют «оперой одной мелодии», имея в виду знаменитую арию Лориса «Amor ti vieta» из второго акта, партия героя в целом раскрывает данный образ с различных сторон.

Рассмотрим образ Лориса на основе анализа композиторского воплощения вокальной партии героя.

Экспозиция образа дается композитором во втором действии оперы. Второе действие (в Париже). На приеме в доме подруги (княгиня Ольга) Федора встречает Лориса, которого обвиняет в смерти своего жениха. Но между ними возникают чувства, и Федоре хочется верить в невиновность графа. Признание в любви не меняют решения Федоры: несмотря на то, что Лорис признается в убийстве, но обещает предоставить доказательства своей невиновности, Федора после приема пишет письмо полицейскому Гречу, что подозревает Лориса в нигилизме и убийстве графа по политическим мотивам. Вернувшись, Лорис показывает княгине письма убитого, из которых очевидно, что тот был любовником его жены. Федора, понимая, что фатально ошиблась, отвозит Лориса на собственную виллу в Швейцарии, чтобы предотвратить его арест.

С появлением на авансцене Лориса и Федоры в оркестре звучит тема любви из увертюры. Вокальные партии Лориса и Федоры, которые разворачиваются на фоне ор-

кестровой темы достаточно скупы по своей мелодической структуре, они приближены к речитативному типу изложения и в то же время достаточно точно передают интонации речи [2, с. 29].

Практически сразу за этим небольшим речитативным диалогом следует самая знаменитая ария из этой оперы — «Amor ti vieta» («Любовь тебе запрещает» или «Сердцу не скажешь: нет, не люби!»). Неторопливый темп, спокойная терцовая лирическая восходящая начальная интонация, использование преимущественно верхнего тенорового регистра (соль-ля), широкой мелодики, арфоподобного аккомпанемента — все эти стилистические элементы складываются в единый лирический образ типичной веристской арии.

Данная ария достаточно краткая, она укладывается в рамки однотонального периода повторного строения с расширенным вторым предложением. Мелодия основана на достаточно простом типе движения и включает в себя распевные ходы на терции и поступенное нисходящее движение. Тем не менее, несмотря на простоту мелодии, традиционный тип аккомпанемента, достаточно простой гармонический план, данная ария производит сильное эмоциональное воздействие, прежде всего — своей естественностью, простотой и одновременно — доступностью высказывания. Композитор практически не выставляет авторские ремарки, которые касаются исполнительских средств. Исключение составляют только традиционное указание темпа (*Andante cantabile*), ремарки *con espressione* в начале первого предложения и *senza precipitare* в начале второго. Эти скупые авторские указания дают достаточно большую свободу исполнителю, что реализовалось во множестве исполнительских версий данной арии.

Интонации арии (в оркестре) еще звучат эхом в дальнейшем диалоге Лориса и Федоры, но музыкальная характеристика снова довольно стремительно меняется — в оркестре слышно несколько насторожены «сухие» аккорды, которые сопровождают непростой (речитативный) ди-

алог главных героев (поиски правды, страшной для обоих влюбленных).

Еще больший контраст представляет следующая сцена — замечательная драматургическая находка композитора: разговор Лориса и Федоры происходит на фоне исполняемого на рояле ноктюна. Вся сцена построена на параллельном действии: приглашенный в дом Ольги знаменитый пианист в изгнании Болеслав Лазинский исполняет лирическое и трогательное произведение, на фоне которого разворачивается предельно искренний диалог главных героев. Нежные, лирические мелодии, прозрачное звучание инструмента не противоречит лирическому высказыванию в дуэте, но гармонично совпадает с ними по характеру и общему настроению. Возникает камерный и необычайно нежный из-за камерности сопровождения дуэт, сцена признания в любви. Основное внимание композитора сосредоточено на раскрытии чувств Федоры, и именно ее чувства и переживания раскрыты в данном дуэте. Мелодическая линия ее партии полифонически наслаивается на основную мелодию ноктюна и в то же время достаточно самостоятельна, выдержана в духе веристских мелодий, проста по интонационному строению, однако предельно экспрессивна. Партия Лориса складывается из небольших реплик речитативного характера.

Интересно, что последние аккорды ноктюна совпадают с трагическим вопросом Федоры («Ты убил Владимира?») и ответом Лориса («Sì» — Да). Шок и неожиданность (Федора боялась услышать эту правду) подчеркнуты стремительным переходом от камерного звучания рояля на сцене до оркестрового пассажа низких струнных. Действие снова меняется. Словно подражая волнению главной героини, пианист на сцене (гость салона Ольги) выполняет взволнованную быструю пьесу (в партитуре обозначен темп — *Allegro agitato*), а бравурные аккордовые финальные пассажи совпадают с решением Лориса доказать Федоре свою невиновность. Для строения партий в данном разделе дуэта типична небольшая протяженность, пластичность и гибкость рисунка, прихотливость и экспрессивность ритмического воплощения, отражающего взволнованную патетику реплик героев. В этом заключительном разделе дуэта, наиболее кратком, чередуется несколько типов музыкального материала, контрастного по тематизму и эмоциональному наполнению. Кроме взволнованной темы, возвращается тема ноктюна (*rosario mosso*), однако, она звучит фрагментарно, как один из музыкальных этапов, сменяясь патетическими пассажами, соответствующими последней фразе Федоры, наполненной одновременно вспыхнувшим чувством любви и готовности отомстить убийце жениха.

Дальнейшее развитие действия основано на резком повороте событий: приносят письмо с известиями о смерти русского царя, бал в доме Ольга заканчивается. Далее следует большая немая сцена Федоры, основанная на развитии темы арии Лориса, которая отражает внутренние сомнения героини, воспоминания о последнем диалоге,

нарастающее чувство любви, а также стремление исполнить свою клятву мести. Несмотря на это, она пишет и отправляет письмо с донесением на Лориса.

Развитие образа Лориса происходит в его следующем сольном номере. Второе ариозо Лориса является драматургической кульминацией второго акта. В нем происходит определенная развязка ситуации с убийством Владимира, жениха Федоры — ситуация на некоторое время проясняется.

Собственно, Ариозо является частью большой диалогической сцены Федоры и Лориса, одной из первых ее кульминаций. Сцена построена по принципу сквозного развития и состоит из нескольких меняющихся эпизодов.

Первый раздел ариозо «Моя мать, моя старая мать» (*Allegro giusto*, Соль мажор) — первый раздел сцены, предваряемый небольшим диалогическим речитативом, в котором Федора сообщает о смерти царя и обвиняет Лориса в смерти своего жениха. Патетические реплики речитатива звучат на повышенных драматических тонах, после чего лирическая музыка ариозо создает ситуацию контраста и ослабления напряжения и остановки действия.

По сравнению с первой арией Лориса, этот сольный фрагмент достаточно развернутый, построен в трехчастной репризной форме, соответствующей форме рассказа. Начальные фразы ариозо, в которых говорится о матери Лориса, проникнуты теплым чувством. Начальная интонация, зерно-тезис, становится основой всего ариозо:

В основе этого зерна лежит характерный мелодический оборот, в котором сочетается нисходящий квартный ход и поступенное восходящее движение с задержанием к терцовому тону. Такая структура мелодической линии достаточно напевна, создает светлое лирическое настроение. Дополнительную лирическую окраску привносит покачивающееся оркестровое сопровождение [3, с. 35]. Следующее, срединное развивающее построение вносит новый, более взволнованный и страстный оттенок чувств: повествование связано с появлением нового образа из прошлого Лориса, с его влюбленностью в молодую Ванду, ставшую его женой. Не меняя общего типа мелодического развертывания, композитор привносит новые эмоциональные оттенки введением минорной ладовой окраски, более гибкой и разнообразной ритмики, большей декламационности интонаций. Напряжение и взволнованность в мелодической линии сопровождаются более интенсивным гармоническим развитием. Изменяется направление движения мелодических оборотов, преобладает восходящее движение, приводящее к росту напряжения. Динамизированная реприза приводит к кульминации рассказа Лориса, связанного с его любовным чувством к жене. В музыкальном отношении композитор использует в репризе преимущественно высокий регистр, где звучание мелодии более напряженно и способствует раскрытию чувств героя.

Центральным образом оперы является образ Лориса. Сольные номера Лориса имеют лирико-драматический характер звучания. Образная сфера так же отличается разнообразием: от лирического чувства до глубокой ду-

шевной драмы. Музыка в ариях органично сочетает широту и свободу мелодического дыхания с ритмической энергией и отличается особенно тонкой и богатой красочной звуковой палитрой. Композитор отличается умением создавать мелодии большого дыхания, соединяющие красоту и пластичность рисунка с яркой и напряженной экспрессией [4, с. 23].

Подводя итог, можно отметить, что партии Лориса присущи широта и смешанный, декламационно-кантиленный тип мелодики. Такой тип ариозного письма имеет свои особенности, теснейшим образом связанные с вери-

стской эстетикой. Во-первых, это большой диапазон градации эмоциональных оттенков, что откладывает свой отпечаток на нюансировку, агогику и интонирование. Во-вторых, использование крайних нот диапазона певцов и особая плотность звучания голоса, тембровый колорит, конечно же, требует сочетания технических и актерских приемов исполнения, использования всех возможностей звуковысотного диапазона, ровности и однородности звучания голоса, создания смешанного регистра, прикрытия верхнего участка диапазона голоса, в котором, преимущественно, изложена партия.

#### Литература:

1. Энгель, Ю. Д. Очерки по истории музыки / Ю. Д. Энгель. — М.: Типография Н. Н. Ключкова, 1911. — 218 с.
2. Хоффманн, А. Е. Феномен бельканто первой половины XIX века: композиторское творчество, исполнительское искусство и вокальная педагогика: диссертация ... канд. иск.: 17.00.02 / А. Е. Хоффманн. — М., 2008. — 154 с.
3. Ферман, В. Оперный театр. Статьи и исследования / В. Ферман. М.: Государственное музыкальное издательство, 1961. — 360 с.
4. Очерки по истории зарубежной музыки XX века / Сост. С. Н. Богоявленский; Ленинградская государственная консерватория им. Н. А. Римского-Корсакова. — Л.: Музыка, 1983. — 120 с.

## Исполнительские особенности трактовки партии Лориса в воплощении Джузеппе ди Стефано

Андриенко Марк Александрович, студент магистратуры  
Луганская государственная академия культуры и искусств имени М. Матусовского

*Ключевые слова:* образ, лирическая драма, сквозное развитие, искусство пения, яркий темперамент.

Рассмотрим исполнительские особенности трактовки партии Лориса в воплощении Джузеппе ди Стефано. Вокалист — один из наиболее ярких теноров послевоенного периода, который прославился, прежде всего, исполнением главных партий в операх композиторов-романтиков — Эдгара в «Лючии ди Ламмермур» Г. Доницетти, Артура и Эльино в «Пуританах» и «Сомнамбуле» В. Беллини. Наследуя исполнительские принципы Дж. Рубини, ди Стефано создавал яркие вокальные образы благодаря певучей кантилене, выразительной фразировке и густому, бархатистому тембру голоса, который способствовал воплощению указанных драматических образов. Позже вокалист блистал в центральных партиях в операх Д. Верди, Ж. Массне, А. Тома, Дж. Пуччини, Дж. Понкьелли, Г. Доницетти, В. Беллини и многих других.

Один из исследователей творчества певца, В. Тимохин, отмечает: «В операх Верди и композиторов-веристов, ди Стефано предстает перед слушателями певцом яркого темперамента, живо чувствующим и мастерски передающим все перипетии вердиевско-веристской лирической драмы, покоряющим насыщенным, массивным, свободно «парящим» звуком, тонким разнообразием динамических от-

тенков, мощными кульминациями и «взрывами» эмоций, богатством тембровых красок. Певец славится замечательно выразительной «лепкой» фразы, вокальной линии в операх Верди и веристов, будь то раскаленная жаром страсти лава или легкое, сладостное дуновение ветерка. Даже в таких широко популярных оперных отрывках, как, например, «Сцена у корабля» («Манон Леско» Пуччини), арии Калафа («Турандот»), заключительный дуэт с Мими из «Богемы», «Прощание с матерью» («Сельская честь»), арии Каварадосси из первого и третьего действий «Тоски», артист добивается удивительной «первозданной» свежести и взволнованности, открытости эмоций». [3, с. 53].

Образ Лориса создается ли Стефано во многом благодаря профессиональным качествам исполнения: донесением до слушателя живого смысла произносимого слова, подчеркнутого острой дикцией и выразительнейшей фразировкой, чего требуют преимущественно речитативная партия.

В «Федоре» образ Лориса становится выпуклым, драматически убедительным именно благодаря указанным качествам вокального дарования и мастерства Д. ди Стефано. Можно утверждать, что ди Стефано выдвигает

образ Лориса из второстепенных в главные. Ему удалось сделать заключительную сцену смерти Федоры настоящей кульминацией оперы, даже имея своей партнершей великую Р. Тебальди, с которой артисты действительно составили совершенный художественный ансамбль.

Лорис — ди Стефано — настоящий романтический герой, пылкий, порывистый, наделенный глубокими и пламенными чувствами. Удивительная сила и вдохновенность лирической экспрессии Ди Стефано, который в роли Лориса достигает превосходного равновесия между пафосом и поэтической мечтательностью, драматической приподнятостью и элегической нежностью.

Ария второго действия в интерпретации Д. ди Стефано имеет свои отличительные особенности. Так, одной из главных ее черт является доминирование мелодекламационного начала. Здесь, вокалист следует своему главному исполнительскому принципу: «Искусство пения требует двух инструментов, голоса и выражения: как две великие реки, вытекающие из двух разных источников, но сливающиеся в единый волшебный момент театрального представления или концертного исполнения классического произведения или неаполитанской песни (последняя, таким образом, представляет собой испытательный полигон для всех великих певцов). Потому что искусство пения как раз и состоит в том, чтобы окрашивать слово экспрессией, господствовать над своим естественным инструментом, голосом» [1, с. 82].

Для исполнения Д. ди Стефано выбирает достаточно спокойный темп, в котором удобно выделить все нюансы интонирования. Небольшие размеры арии, а также выбранное темповое решение позволяют максимально детализировать исполнение, благодаря чему значимым в смысловом отношении оказывается буквально каждый звук. Несмотря на идеальное кантиленное звуковедение, максимальную связность (т. е., вокальное прочтение), речевая выразительность и значимость пропетого слова в данном исполнении первостепенно, на первый план выходит драматическое прочтение арии. Именно переосмысление интонационного строения мелодии в повторяющихся мелодических фразах в связи с перетекстовкой играет наиболее важное выразительное значение.

Агогическими средствами, не выходя за рамки выбранного темпа, ди Стефано подчеркивает мелодические вершины фраз. В обоих предложениях, которые отличаются только каденционными участками, центральными звуками становятся  $g^2$  в первой фразе и  $f^2$  во второй. Ди Стефано выделяет их исполнительскими средствами: агогически задерживая, удлиняя каждый из них. Также выделение происходит за счет использования глиссандирования перед интонационной вершиной и при спуске с нее. Небольшие скачки (на терцию вверх и на квинту вниз), в первой фразе позволяют заострить внимание слушателя. Во второй фразе мелодическая вершина  $f^2$  подчеркивается благодаря агогически неравномерной, обостренной трактовке использованных ритмических оборотов. При про-

стоте мелодической линии (нисходящее поступенное движение) ди Стефано немного укорачивает шестнадцатые и немного удлиняет восьмые в пунктирном ритме, что способствует большей выразительности и экспрессивности мелодии. Тенденция к агогическому укорачиванию коротких длительностей и удлинению длинных в целом характерна для исполнения ди Стефано. Этот прием придем мелодии арии, в целом основанной на равномерно волнообразном мелодическом движении экспрессию и внутреннюю эмоциональную силу.

Кульминацией арии в исполнении вокалиста становится расширение периода, которое совпадает с мелодической вершиной периода в целом ( $a^2$ ). Ди Стефано не только выделяет этот фрагмент динамически, приближаясь к к исполнению фортиссимо, но также делает на вершине небольшую фермату, а звуки мелодического продолжения фразы (нисходящий ход четвертями) выделяет благодаря использованию марката. Каденционный участок также характеризуется использованием характерных «рыдающих» интонаций.

В большой степени развитие образа Лориса происходит в третьем действии оперы и в драматическом ключе. Первый раздел предваряется небольшим построением, основанном на диалоге «альпийского рога», создающего пасторально-мечтательную идиллическую атмосферу, и речитатива Лориса. Д. ди Стефано исполняет этот фрагмент как бы мимоходом, объединяя отдельные разрозненные фразы в единое целое, выпевая их как бы в полголоса. Этот прием дает возможность вокалисту выделить начало следующего раздела, который открывается выразительным мелодическим ходом. Благодаря резкой перемене динамики от  $mp$  до  $f$  и темповому сдвигу (вопреки указаниям автора, ди Стефано исполняет весь речитатив в достаточно умеренном движении) создается впечатление яркой эмоциональной вспышки и дальнейшее развитие сцены вплоть до момента чтения телеграммы исполняется ди Стефано на пике эмоциональных и динамических возможностей. Как и во втором действии, для обострения вокалист использует прием сокращения коротких длительностей, используя его еще более отчетливо и выразительно.

Характерная для мелодики У. Джордано переменность вокального и речевого начал позволяет варьировать интонационную выразительность и эмоциональность высказывания главного героя. Так, начальная фраза (начальный такт раздела) отличается распевностью, что передает эмоциональную взволнованность Лориса. Сцена чтения письма как в композиторском воплощении, так и в исполнительской трактовке ди Стефано обладает целостностью и завершенностью не только благодаря сквозному развитию, но также и в результате продуманной исполнительской трактовки. Ди Стефано создает достаточно законченную композицию, несмотря на внутреннюю текучесть: начало и завершение сцены звучат на эмоциональном подъеме и связаны с переживаниями героем эмоции сочувствия матери (по сюжету в начале сцены —



в связи с арестом брата, в конце — в связи с сообщением о ее смерти). Эти фрагменты не только выделены теситурно и звучат в верхнем регистре, но также подчеркнуты благодаря более высокому динамическому уровню, а также благодаря маркированному исполнению каждого звука мелодических фраз.

Собственно чтение письма, в котором вокальная партия написана в речитативном стиле преимущественно в среднем регистре звучит у ли Стефано достаточно приглушенно и как бы на одном дыхании, «сквозь» паузы и логические остановки. После достаточно продолжительного динамического «плата» строки о смерти матери звучат у вокалиста неожиданным взрывом, который в сценической версии сопровождается рыданиями. Таким образом, в данной сцене образ Лориса подвергается существенному эмоциональному преобразованию, что мастерски передано в интерпретации Д. ди Стефано.

Особо необходимо отметить финал оперы. С драматургической точки зрения в нем можно выделить два этапа: признание Федоры и сцену смерти, музыкальное

развитие в них идет по линии нарастания. В этом фрагменте происходит противопоставление двух типов раскрытия образов: образ Федоры находится в движении и преобразовании в течении всего построения, в то время как с момента признания героини Лорису присуще пребывание в одном эмоциональном состоянии гнева, сочетающегося с большим страданием и болью.

Перед самым моментом смерти Федоры ди Стефано с такой горечью, пылом и надрывом исполняет фрагмент темы своей арии из 2-го действия, что ее начальный лирический образ полностью трансформируется. Он предстает перед слушателями певцом яркого темперамента, живо чувствует и мастерски передает все перипетии веристской лирической драмы, по словам В. Тимохина, «покоряющим, насыщенным, массивным, свободным звуком, тонким разнообразием динамических оттенков, мощными кульминациями и «взрывами» красок» [2, с 17].

Таким образом, в исполнении Д. ди Стефано образ Лориса раскрывается с драматической позиции, что воплощено соответствующими исполнительскими средствами.

#### Литература:

1. Portale, S. Giuseppe Di Stefano: «La voce d'oro» della lirica italiana [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://catania.italiani.it/scopricitta/giuseppe-di-stefano-la-voce-doro-della-lirica-italiana/>
2. Тимохин, В. Мастера вокального искусства [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ale07.ru/music/notes/song/muzlit/timohin.htm>
3. Цодоков, Е. Джузеппе ди Стефано [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.belcanto.ru/distefano.html>



# Молодой ученый

## Международный научный журнал

№ 24 (471) / 2023

Выпускающий редактор Г. А. Кайнова  
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга, З. А. Огурцова  
Художник Е. А. Шишков  
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, М. В. Голубцов, О. В. Майер

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.  
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.  
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.  
Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Номер подписан в печать 30.06.2023. Дата выхода в свет: 07.07.2023.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420140, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 94А, а/я 121.

Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru); <https://moluch.ru/>

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.