



ISSN: 2686-7567

2020  
№4(22)

# ВЕСТНИК

## ГГНТУ.ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



Грозненский государственный  
нефтяной технический  
университет  
им. академика М.Д. Миллионщикова

| [info@gstou.ru](mailto:info@gstou.ru) |

[www.gstou.ru](http://www.gstou.ru)



ISSN: 2686-7567

**ВЕСТНИК ГГНТУ**  
**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**HERALD OF GSTOU**  
**ENGINEERING SCIENCES**

SCIENTIFIC & TECHNICAL JOURNAL

**2020**

Том XVI

**№ 4 (22)**

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

д. т. н., профессор Минцаев Магомед Шавалович

Зам. главного редактора – д. т. н., профессор  
С-А. Ю. Муртазаев  
Ответственный секретарь – к. т. н., доцент  
М. Ш. Саламанова

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель – профессор, д. ф-м. н.  
И. А. Керимов (АН ЧР)  
д. т. н., профессор, член-корреспондент РАН  
Б. А. Григорьев (ВНИИГаз)  
д. т. н., профессор Ю. В. Дмитрак (СКГМИ)  
к. т. н., доцент М. Я. Пашаев (ГГНТУ)  
к. т. н., М. С. Сайдумов (ГГНТУ)

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Строительство. Архитектура**  
д. т. н., профессор А. Д. Абакаров  
д. т. н., профессор Д. К-С. Батаев  
д. т. н., доцент И. Г. Гайрабеков  
д. т. н., профессор Х. Н. Мажиев  
канд. архитектуры, доцент Ш. А. Насуханов  
д. т. н., профессор Т. А. Хежев

### Химическая технология

д. т. н., профессор Л. Ш. Махмудова  
д. х. н. Х. М. Кадиев  
д. т. н., профессор Х. Х. Ахмадова  
д. т. н., профессор О. Н. Каратун  
д. х. н., профессор Э. А. Александрова  
к. т. н., доцент А. А. Эльмурзаев

### Информатика, вычислительная техника и управление

д. п. н., профессор Э. Д. Алисултанова  
д. т. н., доцент И. Н. Ажмухамедов  
д. т. н., профессор К. Е. Румянцев  
к. т. н., доцент И. В. Хасамбиев  
к. т. н. М. Р. Исаева  
к. т. н. З. Л. Хакимов

## EDITOR – IN-CHIEF

Magomed Mintsaeв, Doctor in Engineering

Associate Editor – Said-Alvi Murtazaev, *Doctor  
in Engineering*  
Executive Secretary – Madina Salamanova, *PhD  
in Engineering*

## EDITORIAL COUNCIL

Chairman – Ibragim Kerimov, *Doctor in Physics  
and Mathematics*  
Boris Grigoryev, *corresponding member of RAS,  
Doctor in Engineering*  
Yuri Dmitrak, *Doctor in Engineering*  
Magomed Pashaev, *Phd in Engineering*  
Magomed Saidumov, *Phd in Engineering*

## EDITORIAL BOARD

**Construction. Architecture**  
Abakar Abakarov, *Doctor in Engineering*  
Dena Bataev, *Doctor in Engineering*  
Ibragim Gayrabekov, *Doctor in Engineering*  
Khasan Mazhiev, *Doctor in Engineering*  
Shadid Nasukhanov, *PhD in Architecture*  
Tolya Khezhev, *Doctor in Engineering*

### Chemical Technology

Lyubov Makmudova, *Doctor in Engineering*  
Khusain Kadiev, *Doctor in Chemistry*  
Khava Akhmadova, *Doctor in Engineering*  
Olga Karatun, *Doctor in Engineering*  
Elvira Alexandrova, *Doctor in Chemistry*  
Ayub Elmurzaev, *PhD in Engineering*

### Computer Science, Computer Engineering and Management

Esmira Alisultanova, *Doctor in Pedagogics*  
Iskandar Azhmukhamedov, *Doctor in Engineering*  
Konstantin Rumyantsev, *Doctor in Engineering*  
Ibragim Khasambiev, *PhD in Engineering*  
Madina Isaeva, *PhD in Engineering*  
Zaur Khakimov, *PhD in Engineering*

---

---

Учредитель: ФГБОУ ВО  
«Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова»  
Журнал включен в РИНЦ  
Подписной индекс АО «Почта России» ПА753

Адрес редакции/издателя:  
364024, г. Грозный, пр. Х.А. Исаева, 100  
Тел./факс: (8712) 29-59-32  
<http://gstou.ru/science/ggntu-works.php>  
e-mail: [trudy-ggntu@mail.ru](mailto:trudy-ggntu@mail.ru)

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений, точность данных по цитируемой литературе и за использование в статьях данных, не подлежащих открытой публикации. Редакция может опубликовать статьи в порядке обсуждения, не разделяя точку зрения автора. Перепечатка и воспроизведение статей, рекламных и иллюстративных материалов возможны лишь с письменного разрешения главного редактора. Редакция не несет ответственности за содержание рекламы и объявлений.

© ФГБОУ ВО Грозненский государственный нефтяной технический университет  
им. академика М.Д. Миллионщикова, 2020  
© Редакционная коллегия

## СОДЕРЖАНИЕ

### ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Алисултанова Э. Д., Моисеенко Н. А.**  
Технологии формирования виртуального лабораторного практикума ..... 5

### ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Бетирсултанов А. Н., Мусостова Д. Ш.**  
Технология применения гибких полимерных труб для водоводов  
поддержания пластового давления ..... 11
- Махмудова Л. Ш., Ахмадова Х. Х., Хадисова Ж. Т.,  
Абдулмежидова З. А., Идрисова Э. У.**  
Исследование эффективности осушки природного газа абсорбционным  
и адсорбционным методами ..... 19
- Страхова Н. А., Цамаева П. С., Эльмурзаев А. А.**  
Методы улучшения адгезионных свойств битумов к минеральным  
материалам ..... 29

### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

- Айменов Ж. Т., Айменов А. Ж., Кашкинбаев И. З**  
Строительно-технические свойства мелкозернистых напрягающих  
бетонов замоноличивания стыков ..... 36
- Алиев С. А., Насуханов Ш. А., Таймасханов Х. А., Муртазаев И. С-А.**  
Кампус Грозненского нефтяного в пространстве городской среды  
г. Грозный ..... 44
- Даудова Ф. Х.**  
Город Ур – древнейший город на планете ..... 51
- Естемесов З. А., Султанбеков Т. К., Сарсенбаев Н. Б., Сауганова Г. Р.**  
Строительные отходы – неисчерпаемый источник богатства  
для строителей ..... 57
- Муртазаева Т. С-А., Аласханов А. Х., Зайпулаев М. М-Я.**  
Современные подходы к проектированию составов бетонных композитов  
с применением гравийно-песчаных смесей ..... 64
- Муртазаев С-А. Ю., Сайдумов М. С., Саламанова М. Ш., Гацаев З. Ш.**  
Перспективы использования бентонитовых глин в составах бетонных  
композитов ..... 70

## CONTENTS

### COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

- E. D. Alisultanova, N. A. Moiseenko**  
Technologies of formation virtual laboratory practical work ..... 5

### CHEMICAL TECHNOLOGIES

- A. N. Betirsultanov, D. S. Musostova**  
Technology for the use of flexible polymer pipes for to maintaining reservoir  
pressur ..... 11
- L. Sh. Makhmudova, H. H. Akhmadova, J. T. Hadisova,  
Z. A. Abdulmezhidova, E. U. Idrisov**  
Investigation of efficiency of natural gas drying by absorption and adsorption  
methods ..... 19
- N. A. Strakhova, P. S. Tsamaeva, A. A. Elmurzaev**  
Methods for improving the adhesion properties of bitumens to mineral  
materials ..... 29

### CONSTRUCTION. ARCHITECTURE

- Zh. T. Aimenov, A. Zh. Aimenov, I. Z. Kashkinbayev**  
Construction and technical properties of fine-grain stress concrete joints ..... 36
- S. A. Aliev, Sh. A Nasukhanov, Kh. A. Taymaskhanov, I. S-A. Murtazaev**  
Campus of the grozny state oil technical university in the space of the urban  
environment in Grozny ..... 44
- F. H. Daudova**  
The city of ur is the oldest city on the planet ..... 51
- Z. A. Estemesov, T. K. Sultanbekov, N. B. Sarsenbaev, G. R. Sauganova**  
Construction waste – an inexhaustible source of wealth for builders ..... 57
- T. S-A. Murtazaeva, T. A. H. Alaskhanov, M. M-Z. Zaipulaev**  
Modern approaches to the design of concrete composites using gravel-sand  
mixtures ..... 64
- S. A. Yu. Murtazaev, M.S. Saydumov, M. Sh. Salamanova, Z. Sh. Gatsaev**  
Prospects for using bentonite clays in concrete composites ..... 70

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.9

DOI: 10.34708/GSTOU.2020.14.82.001

### ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

© Э. Д. Алисултанова, Н. А. Моисеенко

*ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия*

В данной статье рассматривается технологический подход к разработке электронного практикума, который представляет собой комплекс заданий, представленных в комфортном для восприятия и закрепления обучающимися теоретических и практических знаний по учебной дисциплине. В ходе исследования охарактеризована предметная область, проанализированы системы для создания и размещения электронных лабораторных практикумов, описано информационное, программное и техническое обеспечение, необходимое для реализации разработки.

**Ключевые слова:** дистанционное обучение, виртуальная среда обучения, инструментальная среда, интерактивность, тестирование, интерфейс, программная среда.

Дистанционное обучение реализует эффективный способ получения предметных компетенций посредством формирования доступной в любое время виртуальной образовательной среды и качественной информации и знаний в определенной предметной области. В динамически изменяющемся современном мире предметные знания теряют актуальность весьма быстро, что влечет за собой необходимость непрерывного обновления профессиональных навыков. В настоящее время развитие образовательной сферы находится в поиске оптимального сочетания применения традиционных и цифровых технологий. Выбор отдельно взятого способа обучения может сказаться на качестве реализации образовательной программы, а также методы преподавания напрямую зависят и от содержания учебных дисциплин. В инженерном образовании проблема выбора технологий еще усугубляется быстрым обновлением лабораторной базы, программного обеспечения, технологических производств. Для устранения этого «разрыва» между знаниевой основой и современной профессиональной средой

технологии электронного обучения являются наиболее эффективным инструментарием. Создание онлайн-курсов, интерактивных и виртуальных учебных лабораторий, автоматизированных систем обучения, формирующих индивидуальные траектории непрерывного образования, – это основные векторы трансформации современного образования [1].

В данной работе приводится описание разработки программного обеспечения электронного лабораторного практикума по дисциплине «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации». При этом авторами были поставлены задачи анализа существующих систем создания и виртуальных лабораторных практикумов и описания информационного, программного и технического обеспечения решения задачи.

Электронный лабораторный практикум представляет собой комплекс теоретических знаний, способов и методов решения практических задач, в совокупности с блоком лабораторных заданий, представленных обучающимся в комфортном для восприятия и закрепления знаний по учебной дисциплине [2].



При формировании электронного учебного комплекса был использован теоретический материал по дисциплине «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации» для формирования интерактивных заданий, позволяющих обучающемуся проверить и систематизировать свои знания, полученные при изучении лекционного блока.

Разработка электронного лабораторного практикума была реализована с помощью интегрированной среды разработки Visual Studio на языке C#. Microsoft Visual Studio является полнофункциональной интегрированной средой разработки (IDE) с поддержкой популярных языков программирования, среди которых C, C++, VB. NET, C#, F#, JavaScript, Python.

Выбор данной инструментальной среды для реализации виртуального практикума обоснован широким спектром функциональности Visual Studio, который охватывает все этапы разработки программного обеспечения, предоставляя современные библиотеки для написания кода, проектирования [3]. Для оформления интерфейса электронного лабораторного практикума был выбран стиль Metro Framework, который имеет специальное назначение для укрепления группы общих задач для ускорения использования. Это достигается за счёт исключения «лишней» графики, и вместо этого акценты в разработке приложения ставятся на фактическое содержание функционирования пользовательских интерфейсных решений.

Большую роль при формировании виртуального лабораторного практикума играет анимационная составляющая. Разработка в данном исследовании была рассчитана на внедрение в электронный ресурс плавных переходов и осуществление взаимодействия с пользователем на основе реальных движений (таких как нажатие или перемещение) [4]. Данные процедуры создают у пользователей впечатление «живого» и отзывчивого интерфейса с «добавленным ощущением глубины».

В процессе реализации электронного лабораторного практикума использовались следующие программные среды:

- C# – разработка приложений, предназначенных для выполнения в виртуальной обучающей среде ряда прикладных задач с четкими

и выразительными решениями, присущими языкам C;

- Visual C# – для обеспечения шаблонов проектов, конструкторов, мастеров кода, мощного и удобного отладчика и многих других средств, что существенно ускорило цикл разработки;

- MySQL для Visual Studio – необходимый компонент в данной разработке для интеграции непосредственно в обозреватель сервера, обеспечивая бесперебойную настройку новых соединений и работу с объектами базы данных [5].

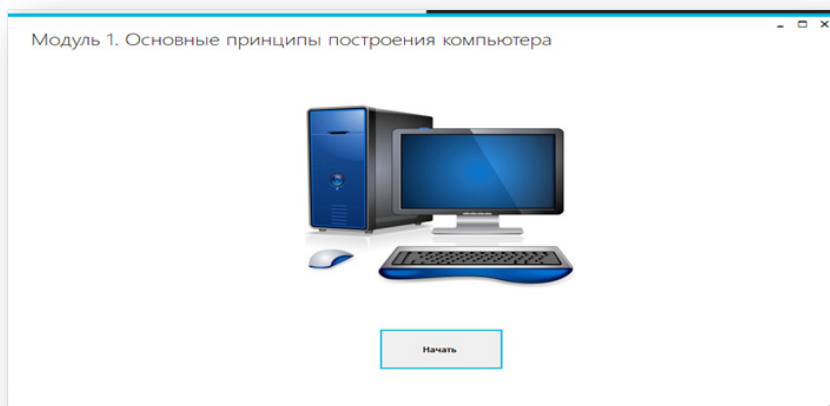
В ходе реализации программного решения виртуальной обучающей среды выбор средства разработки запросов также обоснован средой Visual Studio, поскольку с помощью инструментария данного продукта пользователи могут запрашивать и просматривать данные из своих таблиц или представлений, а также комбинировать фильтры, групповые условия и параметры.

Разработанный электронный практикум представляет собой комплекс программных средств для каждого образовательного модуля учебной дисциплины «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации». Каждая программа – это интерактивный тест-тренажер, касающийся различных тем модуля.

При включении программы открывается главное окно, на котором демонстрируется информация о данном тренажере и необходимые инструменты для начала работы (рисунок 1).

Активизация действий пользователя с кнопки «Начать» дает возможность генерировать выбор заданий по различным темам данного модуля с целью организации доступа к рабочим модулям в новой форме. Каждый последующий шаг обучающегося в данной среде – это новое предлагаемое задание – либо интерактивный тест, либо задача-тренажер (рисунок 2).

Интерактивный тест представляет собой тест, в котором необходимо сопоставить или расставить элементы в соответствии с заданием. Студент простым перетаскиванием располагает элементы в необходимом порядке и переходит к следующему заданию (рисунок 3).



**Рис. 1.** Главное окно программы-тренажера по дисциплине «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации»



**Рис. 2.** Интерактивный тест ПО электронного лабораторного практикума



**Рис. 3.** Интерактивный тест-тренажер по теме «клиент-серверная архитектура вычислительной сети»



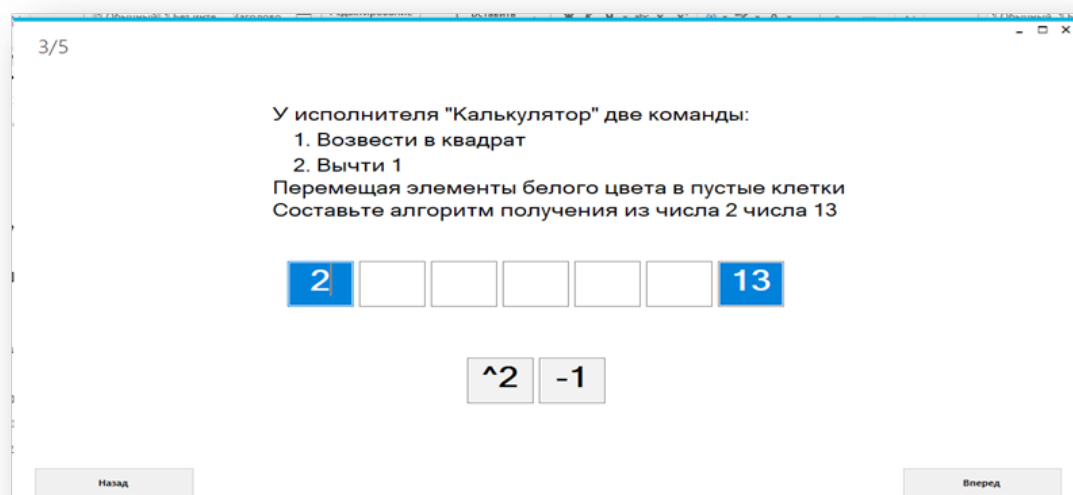


Рис. 4. Задача-тренажер по теме «составление алгоритма»

Также в программном обеспечении лабораторного практикума присутствуют полноценные задания-тренажеры, которые закрепляют изученный материал по всему учебному модулю (рисунок 4).

С точки зрения технического и программного обеспечения процесса разработки электронного лабораторного практикума следует учесть требуемые составляющие вычислительных систем с минимальными характеристиками:

- процессор с тактовой частотой не ниже 1,8 ГГц;
- рекомендуемое пороговое значение ОЗУ – 8 ГБ;
- жесткий диск до 210 ГБ свободного места от 20 до 50 ГБ;
- видеоадаптер с минимальным разрешением 720p, при котором для оптимальной работы Visual Studio рекомендуется разрешение WXGA (1366 на 768 пикселей) [6].

Серверное оборудование в данной разработке предусматривает обеспечение максимальной защищенности и безопасности выполняемых задач – хранение файлов и веб-сайтов пользователей, ответов на запросы и выдачи запрашиваемой информации, обработки и выполнения скриптов на веб-сайтах, работы с базой данных и большим количеством пользователей [7].

В связи со становлением информационного общества электронные образовательные ресурсы являются неотъемлемой частью учебного процесса. Благоприятствуя развитию информационных компетенций, цифровые технологии в образовании способствуют формированию конкурентоспособной личности на рынке труда [8]. Имея дополнительные инновационные качества, дистанционные образовательные технологии перед традиционными средствами обучения повышают значимость самостоятельной образовательной деятельности обучающихся, имеют относительную доступность использования и внесения коррективов, стимулируют творческую активность преподавательского состава.

В ходе решения задач исследования была охарактеризована предметная область, проанализированы системы для создания и размещения электронных лабораторных практикумов, описано информационное, программное и техническое обеспечение, необходимое для реализации разработки. Результат данного исследования и его практическая реализация представлены в виде программы, содержащей интерактивные задания и тренажеры, позволяющие закрепить теоретические знания обучающегося.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Зими́на О. В.* Кому адресовано обучение, основанное на информационных технологиях. М.: Академия, 2015. 340 с.
2. *Князева Е. М.* Лабораторные работы нового поколения // *Фундаментальные исследования*. №6. 2012. С. 587-591.
3. *Губский Е. Г.* Виртуальные лабораторные работы по физике в системе дистанционного обучения // *Современные проблемы науки и образования*. №1. 2009. С. 55.
4. *Конев С. Н.* Информационно-образовательные технологии в вузах // *Новые технологии и проблемы технических наук: сборник научных трудов по итогам 5-й Международной научно-практической конференции*. Красноярск, 2018. С. 48-52.
5. *Трухин А. В.* Виды виртуальных компьютерных лабораторий // *Открытое и дистанционное образование*. 2003. №3 (11). С. 12-21.
6. Зуев П. В., Кошечева Е. С. Развитие инженерного мышления учащихся в процессе обучения физике на основе схмотехнического моделирования // *Педагогическое образование в России*. 2017. № 7. С. 79-88.
7. Роль виртуальной компьютерной лаборатории на основе технологии облачных вычислений в современном компьютерном образовании / *Е. Н. Черемисина, О. Е. Антипов, М. А. Белов* // *Дистанционное и виртуальное обучение*. 2012. №1. С. 50-64.
8. Автоматизированный лабораторный практикум на базе web-технологий / *Т. М. Гулевич, П. А. Морозов, Г. В. Макаров, М. С. Чабан* // *Информатизация инженерного образования*. М.: Изд-во МЭИ, 2014. С. 345-348.

## TECHNOLOGIES OF FORMATION VIRTUAL LABORATORY PRACTICAL WORK

© E. D. Alisultanova, N. A. Moiseenko

*GSTOU named after. acad. M. D. Millionshchikov, Russia, Grozny*

In this article technological approach to development of an electronic practical work which represents a complex of the tasks presented in comfortable for perception and fixing with students of theoretical and practical knowledge of a subject matter is considered. During the research the subject domain is characterized, systems for creation and placement of electronic laboratory practical works are analysed, the information, program and technical support necessary for development realization is described.

**Keywords:** distance learning, virtual environment of training, tool environment, interactivity, testing, interface, program environment.

## REFERENCES

1. Zimina, O. V. (2015) Komu adresovano obuchenie, osnovannoe na informatsionnykh tekhnologiyakh [Who is information technology-based education for?]. Academy, Moscow. 340 p.
2. Knyazeva, E. M. (2012) 'Laboratornye raboty novogo pokoleniya'. *Fundamental'nye issledovaniya*. [Laboratory works of new generation. Basic researches]. No. 6. Page 587-591.

3. Gubsky, E. G. (2009) 'Virtual'nye laboratornye raboty po fizike v sisteme distantsionnogo obucheniya' *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Virtual laboratory works on physics in the system of distance learning. Modern problems of science and education]. No. 1. 55p.
4. Konev, S. N. (2018) 'Informatsionno-obrazovatel'nye tekhnologii v vuzakh'. *Novyye tekhnologii i problemy tekhnicheskikh nauk: sbornik nauchnykh trudov po itogam 5-i Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. [Information and education technologies in higher education institutions. New technologies and problems of technical science: the collection of scientific works following the results of the 5th International scientific and practical conference]. Krasnoyarsk, pp. 48-52.
5. Trukhin, A. V. (2003) 'Vidy virtual'nykh komp'yuternykh laboratorii' *Otkrytoe i distantsionnoe obrazovanie*. [Types of virtual computer laboratories. Open and remote education]. No. 3 (11). Pp. 12-21.
6. Zuev, P. V. and Koshcheeva, E. S. (2017) 'Razvitie inzhenernogo myshleniya uchashchikhsya v protsesse obucheniya fizike na osnove skhemotekhnicheskogo modelirovaniya' *Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii*. [Development of engineering thinking of pupils in the course of training in physics on the basis of circuitry modeling. Pedagogical education in Russia]. No. 7, pp. 79-88.
7. Cheremisina, E. N., Antipov, O. E. and Belov, M. A. (2012) 'Rol' virtual'noi komp'yuternoi laboratorii na osnove tekhnologii oblachnykh vychislenii v sovremennom komp'yuternom obrazovanii'. *Distantsionnoe i virtual'noe obuchenie*. [A role of virtual computer laboratory on the basis of technology of cloud computing in modern computer education. Distance and virtual learning]. No. 1, pp. 50-64.
8. Gulevich, T. M., Morozov, P. A., Makarov, G. V. and Shepherd, M. S. (2014) *Avtomatizirovannyi laboratornyi praktikum na baze web-tekhnologii*. [The automated laboratory practical work on the basis of web technologies. Informatization of engineering education]. Publishing house MEI, Moscow, pp. 345-348.

## ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.791

DOI: 10.34708/GSTOU.2020.27.22.002

### ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБКИХ ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ ДЛЯ ВОДОВОДОВ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ

© А. Н. Бетирсултанов, Д. Ш. Мусостова

*Чеченский государственный университет, Грозный, Россия*

Текущая ситуация системы поддержания пластового давления, связанная с применением трубопроводов металлического исполнения, требует современного и более эффективного решения проблем, связанных с коррозией и низким сроком эксплуатации металлических труб, чтобы компания могла конкурировать и следовать конъюнктуре рынка. Подход решения этих проблем связан с эксплуатацией гибких труб полимерного исполнения, обеспечивающий потребителю увеличение срока эксплуатации, за счет отсутствия металла в составе трубопровода, сохранение экологии окружающей среды; сокращение объемов строительно-монтажных работ до 50%; уменьшение гидравлических потерь на 20-30%; сохранение исходных гидравлических характеристик в течение всего эксплуатационного периода. Статья представляет собой подтверждение идей и суждений, где можно с уверенностью утверждать, что применение гибких труб позволяет потребителю перевести парк внутри промысловых трубопроводных коммуникаций в режим безаварийной эксплуатации, на примере опытно-промысловых работ в ПАО «НК Роснефть».

**Ключевые слова:** гибкие полимерно-армированные трубы, трубопровод, эксплуатация, поддержание пластового давления, коррозия, отложения.

В настоящее время в АО «Самотлорнефтегаз» находится в эксплуатации 2354 км линейных и 284 км внутрикустовых водоводов высокого давления. Внутренняя коррозия является причиной более 60% всех отказов на водоводах повышения пластового давления.

Стальные трубопроводы поддержания пластового давления (ППД) на Самотлоре подвержены интенсивному отложению твердых частиц и, как результат, закупориванию, что, в свою очередь, приводит к значительным потерям в потребляемой электроэнергии и негативно сказывается на эффективности поддержания пластового давления. Заблокированные трубопроводы ППД подлежат замене или внутренней очистке. Для подсчетов гидравлических потерь постепенное сужение внутреннего диаметра из-за отложений не учтено, вместо

этого в экономическом расчёте принята замена стальных трубопроводов ППД каждые 10 лет по причинам отложений и отказам в результате коррозии (рисунок 1). Полимерные трубы в системах ППД дают значительные преимущества в поддержании стабильного перепада давления на протяжении длительного срока службы, и они менее подвержены отложениям приводящих к блокировке трубопроводов

На данный момент стандартной трубой поддержания пластового давления, применяемой на Самотлоре, является труба из углеродистой стали с внешней коррозионной защитой. На основе опытно-промысловых испытаний и технико-экономического анализа с учетом ставки дисконтирования 20%, принятый в ПАО «НК Роснефть», был составлен инвестиционный меморандум, далее согласованный и



**Рис. 1.** Участок водовода поддержания пластового давления, подверженный коррозии



**Рис. 2.** Труба металлическая для поддержания пластового давления



**Рис. 3.** Труба из стеклопластика для нефтесборов и линейных водоводов





**Рис. 4.** Укладка и размотка секции гибких полимерно-армированных труб на объекте АО «Самотлорнефтегаз»

внесенный в бизнес-план 2020-2025 гг. [2].

Существуют различные методы борьбы с коррозией для нефтесборов и линейных водоводов, к ним относятся: ингибирование, трубы с покрытием, стеклопластиковые трубы и гибкие полимерные трубы [1].

Традиционным и самым дешевым по начальным капитальным вложениям является использование металлических труб с внешней защитой и ингибиторной обработкой (рис. 2).

Другим решением является использование стеклопластиковых труб (рис. 3), которые имеют преимущество перед металлическими по долговечности, но дороже в цене и неустойчивы к высоким давлениям, которые могут достигать 200 атмосфер на водоводах поддержания пластового давления.

Следующим решением являются гибкие полимерно-армированные трубы, отсутствие металла исключает возможность коррозии, а уникальные свойства полимерно-армированного материала позволяют выдерживать рабочее давление до 200 атм. Давление разрыва составляет 700 атм. [4].

По различным технологическим и прочностным причинам единственным решением для водоводов высокого давления оставалось использование металлических труб с ингибированием, и проблема коррозии ни в компании, ни в России не была решена.

Сегодня технологии шагнули дальше, и теперь есть эффективное решение, которым являются гибкие полимерно-армированные

трубы [5].

Согласно программе приоритизации трубопроводов, разработанной ООО «РН-БашНИПИнефть» 166 км (28%), водоводы высокого давления находятся в красной зоне риска.

Коррозия стальных трубопроводов является важной проблемой нефтегазовой отрасли и причиной значительных дополнительных затрат, в первую очередь на регулярную замену труб. Одним из решений этой проблемы является применение гибких полимерно-армированных труб – для строительства трубопроводов в тех случаях, когда позволяют рабочие давление и температура, либо в качестве лайнера для стальных труб, когда давление и температура превышают допустимые для гибких полимерно-армированных труб значения.

В качестве объекта проведения опытно-промышленных испытаний были выбраны 12 участков водоводов повышения пластового давления общей протяженностью замененных участков 4800 м, основным критерием подбора был выбор наиболее аварийных участков (рис. 4).

В настоящее время проект находится на стадии составления инженерного отчета по результатам опытно-промышленных испытаний, далее планируется внедрение в АО «Самотлорнефтегаз» и тиражирование в ПАО «НК Роснефть».

Составляющими компонентами гибкой армированной трубы являются (рис. 5):

1. Внутренний герметизирующий слой;



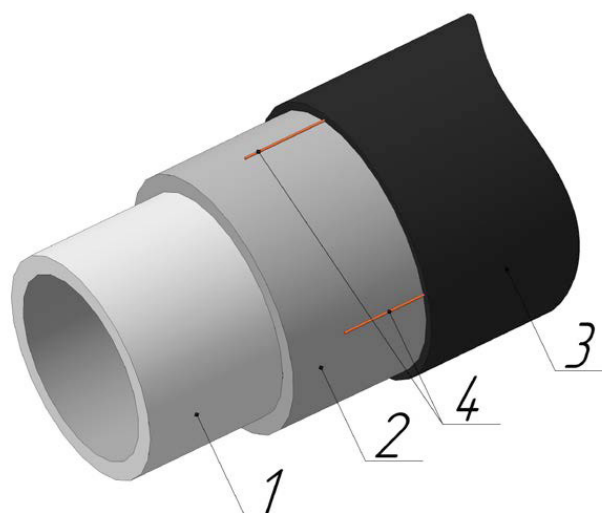


Рис. 5. Гибкая полимерно-армированная труба

2. Промежуточный армирующий слой из высокопрочных арамидных нитей;
3. Внешний защитный слой;
4. Антистатические провода.

Основные экономические показатели сравнения 1 км трубы из углеродистой стали с гибкой полимерно-армированной трубой выглядят следующим образом:

$$NPV = \frac{-IC + \sum_{t=0}^N CF^t}{(1+i)^t}$$

где:

- $IC$  – сумма первоначальных инвестиций;
- $N$  – число периодов (месяцев, кварталов, лет), за которые нужно рассчитать оцениваемый проект;
- $t$  – отрезок времени, для которого необходимо рассчитать чистую приведенную стоимость;
- $i$  – расчетная ставка дисконтирования для оцениваемого варианта вложения инвестиций;
- $CF^t$  – ожидаемый денежный поток (чистый) за установленный временной период.

$$NPV = \frac{-15463 + \sum_{30=0}^{360} 44722}{(1+20)^{30}} = 44,7 \text{ млн. руб.}$$

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF^t}{(1+i)^t}}{IC}$$

$$PI = \frac{\sum_{30=1}^{360} \frac{44722}{(1+20)^{30}}}{15463} = 4,1 \text{ ед.}$$

$$DPP = \min N, \text{ при котором } \sum_{t=1}^N \frac{CF^t}{(1+i)^t} > IC = 10 \text{ лет}$$

NPV (чистая приведенная стоимость) – 44,7 млн. руб.

PI (дисконтированный индекс доходности) – 4,1 ед.

DPP (дисконтированный срок окупаемости) – 10 лет.

Таблица 1.

## Исходные данные затрат на трубы из углеродистой стали и гибкие полимерно-армированные трубы

Исходные данные для расчета:	Ед. изм.	Значение
Расчетные значения трубы из углеродистой стали:		
Стоимость 1 км трубы из углеродистой стали:	тыс. руб.	1631
Стоимость реконструкции 1 км ф114х9 (факт 2019 года)	тыс. руб.	13644
Стоимость за 1 тн труб с 2-хслойной наружной изоляцией	тыс. р/тн	70
Вес 1 км труб ф114х9	тн	23,3
Затраты на очистку трубопроводов	тыс. руб.	1497
Средние затраты на ликвидацию 1 отказа на вв ППД за 2018 год	тыс. руб.	61,7
Штраф в Росприроднадзор по факту отказа	тыс. руб.	110
Количество отказов по причине коррозии до замены за время эксплуатации	шт.	10
Срок службы стального трубопровода	год	10
Расчетные значения трубы полимерно-армированной:		
Стоимость 1 км гибкой полимерно-армированной трубы	тыс. руб.	6000
Средние затраты на ликвидацию 1 отказа на вв ППД за 2018 год	тыс. руб.	61,7
Штраф в Росприроднадзор по факту отказа	тыс. руб.	110
Количество отказов по причине коррозии до замены за время эксплуатации	шт.	2
Срок службы ГПАТ	год	30
Увеличение КВ при переходе на ГПАТ:		
Материал (труба)	тыс. руб.	4369
СМР	тыс. руб.	-550
Ожидаемые КВ ГПАТ	тыс. руб.	15463
Затраты на ликвидацию 1 отказа (с штрафами)	тыс. руб.	171,7

Проектирование полимерных трубопроводных систем является очень важной частью успешности проекта и должно выполняться согласно соответствующим отраслевым стандартам и процедурам, предоставляемым заводами изготовителями. В отличие от стальных труб, полимерные трубы имеют уникальный характер, и их механические и физические свойства варьируются в зависимости от типа трубы. Важно обеспечивать, чтобы проектная организация обладала подтвержденным опытом проектирования полимерных труб для аналогичных условий. Особое внимание при проектировании полимерных трубопроводов должно уделяться следующим областям (перечень не является исчерпывающим):

- Выполнению гидравлических расчетов с целью определения оптимального размера трубы и оценки влияния на остальные элементы системы;
- Анализу колебаний гидравлического давления и скорости потока, а также гидравлического удара;
- Проектированию фундамента и крепления полимерных трубопроводов в местах присоединения к стационарному оборудованию, например ЗРА, емкостям высокого давления, насосам и т. п.;
- Проектированию фундамента и крепления полимерных трубопроводов в точках изменения направления трубопровода;
- Проектированию переходов (через

реки, автомобильные дороги, ж/д пути, трубопроводы);

- Предпочтительному способу укладки трубопровода;
- Коррозионной защите переводных фланцев, фитингов, муфт в месте присоединения к стационарному оборудованию (или соединения труб);
- Выбору метода соединения. Расчетные давления и температуры должны проверяться и подтверждаться инженерами-технологами для каждого участка трубопровода с целью обеспечения их корректности и правильности определения, поскольку они оказывают значительное влияние на выбор полимерной трубы. Слишком высокие требования могут привести к значительному увеличению CAPEX по проекту и даже исключить проект из области возможного применения полимерной трубной продукции.

Существует ряд основных методов, применяемых для монтажа полимерных труб:

- Стандартная укладка в траншеи и обратная засыпка (аналогично стандартной укладке стальной трубы);
- Надземная укладка (для постоянного и временного применения);
- Заглубление;
- Горизонтально-наклонное бурение;
- Внутри существующего трубопровода из углеродистой стали (восстановление старых трубопроводов методом санации).

На основании опыта производителей полимерной трубы продолжительность работ по укладке гибкого полимерного трубопровода в траншею приблизительно на 50% короче относительно укладки стальной трубы такого же диаметра. Такое сокращение сроков укладки достигается благодаря следующим факторам:

- Для укладки трубопровода требуется меньшее количество оборудования и персонала;
- Требуется меньшая ширина траншеи;
- Более быстрая подготовка и укладка трубопровода в длинных секциях (особенно в сложных топографических условиях);
- Нет необходимости в сварочных работах, проведении рентгеноскопии [3].

Надземная укладка может применяться при временной схеме при ремонтах трубопровода, опытно-промышленных работах, ускорении сроков ПНР новых объектов инфраструктуры (скважин). Затем трубопровод может быть демонтирован и повторно использован, когда необходимо.

Укладка трубопровода методом заглубления минимизирует нарушение грунтов и обеспечивает ускорение темпов укладки до 3 раз быстрее по сравнению с траншейным методом, что подтверждается производителями.

Гибкую полимерную трубу можно использовать для быстрого восстановления трубопровода с целью восстановления пропускной способности трубопровода до указанного максимального рабочего давления. Восстановление трубопровода таким методом происходит значительно быстрее, по сравнению со строительством нового трубопровода. В случае проведения работ по восстановлению трубопровода необходимо будет выполнить гидравлический расчет с целью подтверждения того, что уменьшение внутреннего диаметра трубопровода не окажет негативного влияния на работу остальной части системы. Полимерная труба обладает гораздо более гладкой поверхностью проходного отверстия по сравнению со стальной трубой, которая подверглась коррозии, что иногда может компенсировать сужение диаметра.

Подземная укладка прямолинейной стеклопластиковой и армированной полимерной трубы, как правило, выполняется традиционным способом в траншею с обратной засыпкой. В данных случаях требования к основанию траншей и обратной засыпке аналогичны применяемым для трубопроводов из углеродистой стали, особое внимание уделяется обеспечению устойчивости основания, чтобы на трубу не воздействовали неровности породы, камни или неравномерная точечная нагрузка. Также имеются особые требования к материалу обратной засыпки, чтобы не допустить повреждений трубы, при этом уплотнение грунтов обратной засыпки должно производиться в соответствии с инструкциями производителей.

Применение полимерных труб позволяет получить следующие преимущества относительно трубы из углеродистой стали:

- Коррозионная устойчивость;

- Отсутствие необходимости в применении коррозионной защиты путем закачки ингибиторов;
- Отсутствие потребности в применении катодной защиты;
- Снижение удельных потерь давления труб того же диаметра;
- Снижение потерь электроэнергии в трубопроводе для труб того же диаметра;
- Отсутствие необходимости в покрытиях;
- Отсутствие необходимости в сварочных работах, проведении рентгеноскопии;
- Повышение безопасности, экологичности;
- Более продолжительный срок службы;
- Снижение возможности протечек;
- Сокращение сроков монтажа;
- Минимальная потребность в рабочей силе и оборудовании для монтажа [3].

Конструкция и материалы не наносят вред окружающей природной среде и здоровью человека. В свою очередь, снижение объемов выхлопных газов за счет снижения времени

работы автотранспорта, и уменьшается вероятность возникновения травм на производстве.

Применение гибких трубопроводов из неметаллических материалов, армированных высокопрочными арамидными нитями для строительства водоводов высокого давления, позволит существенно сократить операционные затраты даже при принятой в ПАО «Роснефть» ставке дисконтирования 20%, повысить надежность эксплуатации (снизить аварийность, сократить неэффективные энергопотери). Минимизировать влияние деятельности на природную среду, среду обитания человека и производственную среду. Сократить полные затраты за счет применения энергоэффективных технологий, оптимизация инфраструктуры, внедрение системы непрерывных улучшений. Реализовать долгосрочные программы внедрения инноваций и лучших практик, контролируя эффективность изменений в бизнес-процессах и их долгосрочные последствия. Повысить межремонтный период эксплуатации оборудования, применяя качественный подход к эксплуатации и ремонту оборудования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Аганчев В. И., Виноградов Д. А.* Металлопластовые трубы – перспектива транспорта нефтепродуктов // Нефтяное хозяйство. 2005. № 2. С. 106-107.
2. ГОСТ Р 56730-2015. С. 9.
3. Локально-нормативный документ ПАО «Роснефть». С. 47.
4. *Ткаченко А. Н.* Оценка эффективности инвестиционных проектов. С. 15-26.
5. *Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А.* Оценка эффективности инвестиционных проектов. С. 280-296.

## TECHNOLOGY FOR THE USE OF FLEXIBLE POLYMER PIPES FOR TO MAINTAINING RESERVOIR PRESSURE

© A. N. Betirsultanov, D. S. Musostova  
*Chechen State University, Grozny, Russia*

The current situation of the system of maintaining reservoir pressure associated with the use of metal pipes requires a modern and more effective solution to the problems associated with corrosion and low life of metal pipes, so that the company can compete and follow market conditions. The approach to solving these problems is related to the operation of flexible polymeric tubes, which provide the consumer with an increase in life, due to the absence of metal composition of the pipeline, the preservation of the environment; Reducing the volume of construction and installation work to 50%; Reducing hydraulic losses by 20-30%; Maintaining the original hydraulic characteristics throughout the operational period; The article is a confirmation of ideas and judgments, where it is safe to say that the use of flexible pipes allows the consumer to transfer the park within commercial pipeline communications into a mode of non-emergency operation, on the example of experimental fishing work in Rosneft.

**Keywords:** flexible polymer-reinforced pipes, maintenance of reservoir pressure, pipes, corrosion, sediment, operation.

### REFERENCES

1. Agapchev, V. I. and Vinogradov, D. A. (2005) 'Metalloplastovye truby – perspektiva transporta nefteproduktov'. *Neftyanoe khozyaistvo*. [Metalloplastic pipes – the prospect of transport of petroleum products. Oil industry]. No<sup>2</sup>, pp 106-107.
2. GOST P 56730-2015, p. 9.
3. Rosneft Locally Regulatory Document, p. 47.
4. Tkachenko, A.N. Otsenka effektivnosti investitsionnykh proektov [Assessment of the effectiveness of investment projects], pp. 15-26.
5. Vilensky, P. L., Livshitz, V. N. and Smolyak, S.A. Otsenka effektivnosti investitsionnykh proektov [Assessment of the effectiveness of investment projects], pp. 280-296.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА АБСОРБЦИОННЫМ И АДСОРБЦИОННЫМ МЕТОДАМИ

© Л. Ш. Махмудова, Х. Х. Ахмадова, Ж. Т. Хадисова, З. А. Абдулмежидова, Э. У. Идрисова

*ГГНТУ имени акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия*

В статье проанализированы современные методы осушки природного газа для дальнейшей переработки его в метано-водородную смесь. Приведены результаты исследования абсорбционной и адсорбционной осушки природного газа жидкими реагентами (этиленгликолями) и твердыми адсорбентами (цеолитами и бентонитами). Показано, что природные бентонитовые глины обладают сравнительно небольшой адсорбционной активностью, их активация водными растворами  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  способствует повышению адсорбционной активности, и их применение в комплексе с другими адсорбентами способствует значительному повышению процессов адсорбции.

Авторами показана возможность и необходимость дальнейших исследований поиска эффективных методов активации бентонитовых глин.

**Ключевые слова:** природный газ, абсорбция, адсорбция, этиленгликоль, цеолит, бентонит, активация.

Природный газ – это смесь газообразных горючих соединений, основными компонентами которого являются низкомолекулярные углеводороды (алканы  $\text{C}_1 - \text{C}_4$ ). В незначительных количествах в их состав входят водород, окись углерода и сероводород. В процессе добычи природный газ выносит в своем составе влагу, которая при низких температурах образует с молекулами газа кристаллогидраты. В присутствии воды интенсифицируются процессы коррозии оборудования, а также могут возникнуть аварийные ситуации вследствие закупорки газопроводов и оборудования газоперерабатывающих заводов гидратами.

В связи с этим удаление влаги из природного газа является одним из необходимых процессов подготовки газа к транспорту и дальнейшей переработки.

Влагосодержание газа определяется температурой точки росы и регламентируется допустимыми нормами (отраслевыми стандартами). Процесс осушки природных газов представляет важное и обязательное звено в процессе их подготовки к транспорту по магистральным газопроводам. Все газы, транспортируемые по магистральным газопроводам, подвергаются обязательной осушке от влаги,

глубина которой регламентируется требованиями отраслевых стандартов и технологическими показателями процессов дальнейшей переработки газов.

Основными процессами осушки природных газов являются процессы, осуществляемые четырьмя наиболее широко применяемыми в промышленности методами: охлаждением, абсорбцией, адсорбцией и комбинированием предыдущих трех методов.

Кроме того, общеизвестно, что методы осушки газов по классификационному признаку подразделяют на три основные группы: физический, химический, физико-химический.

Физический метод заключается в искусственном охлаждении газов, их компримировании, а также в сочетании компримирования с охлаждением.

Суть химического метода осушки заключается в химической реакции между водой и химическими веществами, причем имеются химические реагенты, обеспечивающие практически полную осушку газа. Однако сложность или невозможность регенерации этих химических реагентов делает их непригодными для использования в качестве промышленных осушителей.



Физико-химический способ процесса осушки природного газа, основанный на поглощении влаги различными поглотителями, представлен двумя основными группами. Первая группа включает адсорбцию влаги твердыми адсорбентами, а вторая группа – абсорбцию влаги жидкими абсорбентами.

Из абсорбционных методов для осушки природного газа чаще всего используют осушку жидкими гликолями, в качестве которых наиболее широкое применение в промышленной практике имеют диэтиленгликоль (ДГ) и триэтиленгликоль (ТЭГ). В адсорбционных методах для осушки газов наибольшее применение имеют оксиды алюминия, силикагели и цеолиты (природные или синтетические).

Для одновременного извлечения воды и углеводородов  $C_{5+В}$  наибольшее промышленное применение нашел метод, основанный на использовании бифункциональных абсорбентов, в качестве которых определены три основные группы абсорбентов: смесь диэтиленгликоля и моноэтилового эфира триэтиленгликоля; N-метилпирролидон (N-МП); смесь диэтиленгликоля с соляровым маслом.

Улучшение показателей процесса газоочистки на цеолитах (снижения точки росы по влаге, повышения качества сероочистки) достигнуто разработкой новых марок цеолитов типа 3А, 4А и 5А, формованных в виде трилистика. Для улучшения процесса осушки и очистки газов с достижением максимальных показателей некоторыми исследователями рекомендуется использовать комбинированную адсорбционную систему адсорбентов из двух слоев. Один слой системы состоит из гранул цеолита разной формы и диаметра, а второй – из лобового слоя в виде оксида алюминия.

В настоящее время, исходя из уникальных свойств бентонитовых глин, их исследованиям, особенно адсорбционных характеристик, стали уделять значительное внимание. Бентониты находят широкое применение в различных областях, известно более двухсот направлений различных производств, где используются уникальные свойства бентонитов, в том числе и в процессах очистки и подготовки углеводородных газов к переработке, хотя литературные данные по их применению в

процессах осушки и очистки природных газов весьма незначительные.

О ценности и значимости бентонитовых глин говорят данные по их стоимости: килограмм бентонитового порошка на мировом рынке оценивается по более высокой цене, даже чем основной энергоноситель – нефть, при этом затраты на добычу, очистку и переработку бентонитовых глин для продажи, по литературным данным, ниже нефтяных.

Исследованиями с применением современного научного оборудования установлена структура бентонита. Показано, что бентонит – это *наноматериал на силикатной основе слоистой структуры*, основным компонентом которого является монтмориллонит. Бентонит состоит из наноструктурных частиц в виде пластин толщиной, равной одному нанометру. Стороны пластины имеют размеры примерно 50 и 150 нм. Пластины образуют пакеты, расстояние между которыми определяет возможность вхождения полимерных молекул в структуру бентонита, что влечет улучшение свойств полимерного нанокompозита.

*Химический состав бентонитов* различных месторождений представлен оксидами кремния, алюминия и железа, количества которых по месторождениям значительно отличаются: в разных источниках приводится их содержание в интервале 6,8-72,6% от общей массы, 19,2-23,4% и 1,99-9,38% соответственно.

Для улучшения свойств бентонитовых глин, в том числе их сорбционной емкости и удельной поверхности, применяются различные методы, из которых наиболее широко используемыми являются их активация и модифицирование.

К их числу относятся термическая активация, активация минеральными кислотами, модифицирование бентонита полигидроксокомплексами различных металлов (Al, Fe, Zr), различными органическими и неорганическими соединениями – щелочами, кислотами, металлами и др. [1-3].

Установлено, что модифицирование природных бентонитов приводит к изменению химического состава, структурных и сорбционных свойств. Модифицированные сорбенты на основе бентонитов представляют мелкопо-

ристые наноструктурные объекты с преобладанием пор в пределах 1,5-8 нм.

В Чеченской Республике разработки бентонитовых глин имеют давнюю историю и проводятся с 1926 г. В последние годы на основе результатов прогнозно-минерагенических исследований и поисковых работ на территории Чеченской Республики выделены 15 прогнозных площадей, перспективных на выделение месторождений глинистого сырья, в том числе и бентонитового.

Несколько месторождений адсорбционных глин расположены в районе населенных пунктов с. Серноводское, с. Старо-Грозненское, с. Сюиль-Корт, пос. Катаяма Чеченской Республики.

В горной и предгорной частях территории ЧР были выделены 4 прогнозных площади глинистого и карбонатного сырья: между речье Асса-Аксай, между речье Сунжа-Аксай, между речье Асса-Охолитлау, между речье Гехи-Шаро-Аргун.

В настоящее время в Чеченской Республике в ГГНТУ, Академии наук Чеченской Республики и др. научных организациях интенсивно проводятся исследования бентонитовых глин, которыми изучены физико-химические свойства природных бентонитов Чеченской Республики и сорбентов на их основе.

На основании изложенного можно констатировать, что проблема исследования бентонитовых глин и цеолитов в качестве адсорбентов в процессах осушки, очистки и подготовки природного газа к подготовке в настоящее время является актуальной.

В качестве сорбентов взяты этиленгликоли с массовым содержанием 98,5% мас.

Для лабораторных исследований скон-

струирована экспериментальная лабораторная установка, на которой определялась поглотительная способность сорбентов по отношению к влаге и кислым компонентам. Поглотительную способность реагентов мы оценивали по достигаемой температуре точки росы природного газа. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Самая низкая температура точки росы достигалась при абсорбции на триэтиленгликоле (ТЭГ).

Эффективность процесса абсорбционной осушки природного газа нами также исследовалась в зависимости от температуры для указанных в табл. 1 осушителей. При этом за критерии эффективности осушки приняты достигаемые для природного газа величины температуры точки росы по воде и потери гликолей при абсорбции. Результаты представлены на рисунках 1 и 2.

Проведенные нами исследования показывают, что повышение температуры приводит к снижению эффективности процесса осушки природного газа методом абсорбции (рисунок 1), а также к увеличению потери гликолей (рисунок 2).

Как видно из рисунка 1, минимальная температура точки росы в процессе осушки природного газа жидкими гликолями при температуре 2<sup>o</sup>C в абсорбере достигается при использовании ТЭГ (минус 37,8<sup>o</sup>C). Это связано с тем, что ТЭГ имеет меньшую вязкость при пониженных температурах в абсорбере.

Чем ниже температура газа в абсорбере, тем выше эффективность осушки природного газа именно этим гликолем, по сравнению с ДЭГ. При повышении температуры в абсорбере эффективность осушки уменьшается, осо-

Таблица 1.

Поглотительная способность реагентов по отношению к влаге

Абсорбент	Достигаемая температура точки росы, <sup>o</sup> C			
	при температуре абсорбции 2 <sup>o</sup> C	при температуре абсорбции 5 <sup>o</sup> C	при температуре абсорбции 15 <sup>o</sup> C	при температуре абсорбции 30 <sup>o</sup> C
Этиленгликоль (ЭГ)	-27,8	-22,9	-17,2	-8
Диэтиленгликоль (ДЭГ)	-30,2	-25,5	-19,6	-5
Триэтиленгликоль (ТЭГ)	-37,8	-29,0	-17,6	5

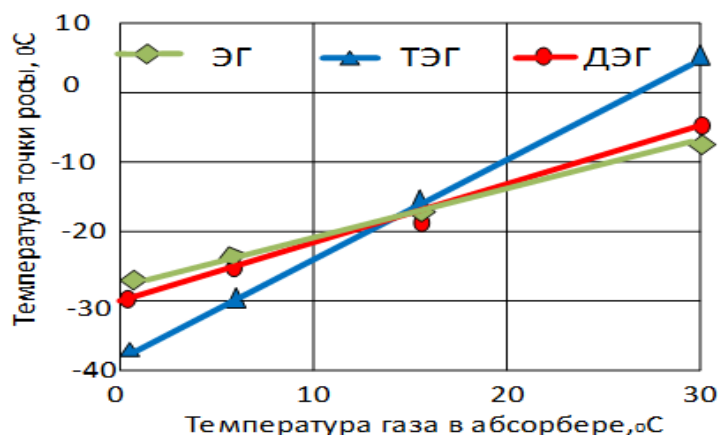


Рис. 1. Зависимость достигаемой температуры точки росы газа по воде от температуры газа в абсорбере

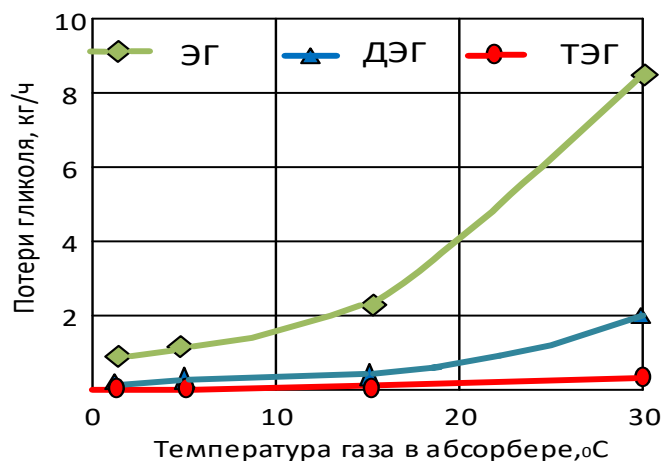


Рис. 2. Зависимость потерь гликолей от температуры процесса осушки природного газа в абсорбере

бенно для ТЭГ: при 30°C точка росы по воде для ЭГ и ДЭГ ниже на 10 и 9 градусов соответственно.

Экспериментальные исследования показали, что диэтиленгликоль характеризуется лучшими показателями процесса при относительно низких температурах контакта (менее 15°C).

При абсорбции газа в абсорбере потери ЭГ почти на порядок превышают потери ДЭГ (рис. 2), которые, в свою очередь, на порядок выше, чем потери ТЭГ при обработке газа вне зависимости от температуры. Это обусловлено тем, что при увеличении температуры процесса увеличивается остаточное содержание влаги в газовой фазе, не обеспечивая требуемую степень осушки природного газа и давление насыщенных паров гликоля, при котором осу-

шитель улетучивается из абсорбера вместе с газом.

Из приведенных результатов можно заключить, что использование триэтиленгликоля в качестве эффективного абсорбента природного газа наиболее предпочтительно, так как его использование дает необходимое снижение точки росы по воде и минимальные потери гликоля с газом.

#### Методика определения величины адсорбции твердых адсорбентов в процессе осушки природного газа хроматографическим методом

Для исследования адсорбционной активности образцов адсорбентов для осушки природного газа нами использована методика



Рис. 3. Экспериментальная установка по исследованию адсорбции

определения величины адсорбции по изменению концентрации влаги хроматографическим методом.

Опыты по адсорбции проводились на экспериментальной лабораторной установке (рис. 3) по следующей методике.

Навески адсорбента активировали в муфельной печи при температуре 673K в течение 2,5 часов, затем охлаждали в эксикаторе до постоянного веса (точность взвешивания до 0,001 г). Процесс очистки природного газа на образцах адсорбентов изучали при различных температурах на модельной экспериментальной установке.

Природный газ из баллона подавался на адсорбционную колонку (адсорбер), представляющую собой цилиндрический аппарат общей высотой 210 мм и диаметром 35 мм (объем 7,35 см<sup>3</sup>).

Адсорбер с адсорбентом устанавливался в печи. Регистрация температуры адсорбции осуществлялась термопарой, установленной в кармане термопары адсорбера.

Печь нагревается подключением в общую электрическую сеть ~ 220В. Газ, проходя через слой адсорбента, поступает в газометр, заполненный рассолом (насыщенный водный раствор поваренной соли), рассол при этом вытесняется в цилиндр. Давление в адсорбере атмосферное и регулируется вручную с использованием стеклянного манометра отбором из газометра насыщенного раствора NaCl.

Газ, прошедший очистку из газометра, подается через пробоотборник на хроматограф для подключения газоанализатора сначала на одну колонку, затем на вторую для определения содержания воды и кислых компонентов (H<sub>2</sub>S и CO<sub>2</sub>) в газе.

Опыты проводили при атмосферном давлении при задаваемых величинах температуры и навески адсорбента. Продолжительность подачи сырья составляла 30 мин. Загрузка адсорбента составляла 50 г. На установке исследован процесс адсорбции на заданных образцах адсорбентов при температурах: 20, 25, 30, 35, 40°C.

Перед экспериментом адсорбент при рабочей температуре активировали продувкой азотом в течение 10 мин.

#### **Исследование адсорбционной активности образцов адсорбентов по воде при различном времени контакта**

На рисунке 4 приведены результаты исследования влагоемкости исследуемых нами адсорбентов (цеолитов – NaX, NaA и CaA, алюмосиликата и бентонитов – природного Б<sub>пр</sub>, активированного серной кислотой Б<sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> и активированного карбонатом натрия Б<sub>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></sub>) в зависимости от времени адсорбции при температуре процесса осушки природного газа 20°C и атмосферном давлении.

Определение влагопоглощения указанных адсорбентов осуществлено с использованием

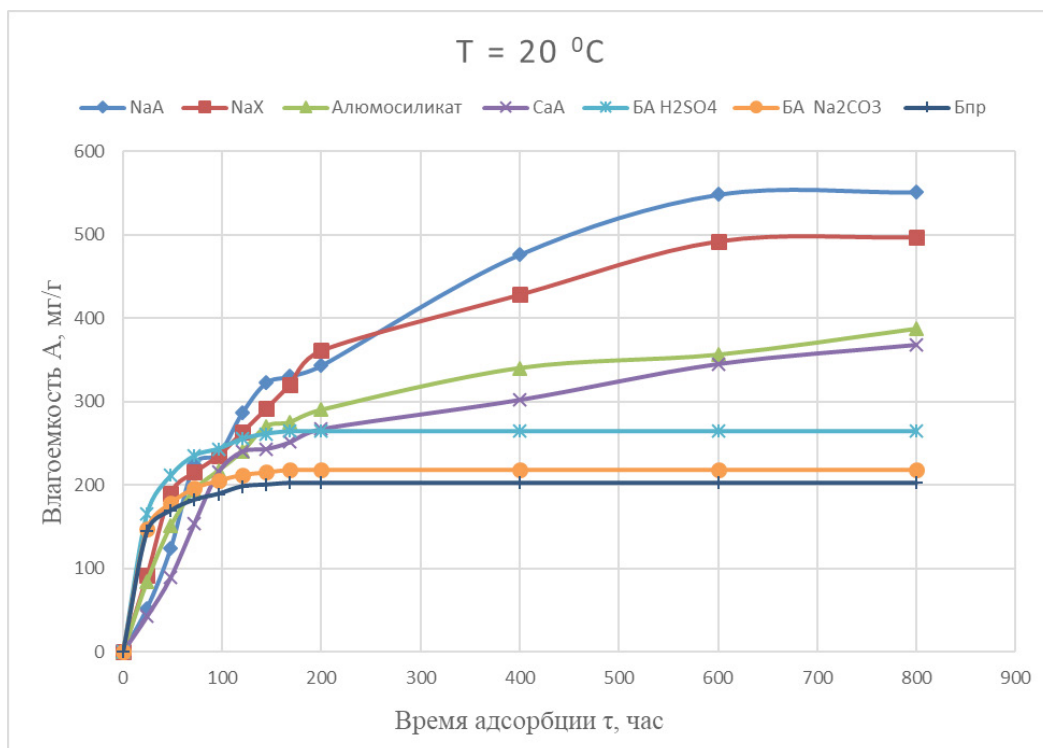


Рис. 4. Изотермы адсорбции по влаге для различных образцов адсорбентов

эксикаторного метода. Продолжительность адсорбции составила до 800 часов. Снятие показателей влагоемкости адсорбентов осуществляли первые 8 суток каждые сутки, а затем 1 раз при продолжительности адсорбции 200 часов.

Сравнительный анализ приведенных на рисунке 5 изотерм адсорбции показывает, что влагоемкость адсорбентов в зависимости от продолжительности эксперимента по адсорбции паров воды различна и меняется с течением времени проведения эксперимента.

При продолжительности адсорбции 20-100 часов наибольшую влагоемкость показывает бентонит, активированный серной кислотой. Его влагоемкость в этих условиях находится в интервале 170-240 мг/г. За ним следует природный бентонит, влагопоглощение которого при 20-тичасовой адсорбции составляет 145-150 мг/г, повышаясь до 200 мг/г в течение 5 суток.

За первые сутки эксперимента эффективность адсорбции повышается в следующем ряду: CaA (30 мг/г); NaA (40 мг/г); аллюмосиликат (75-80 мг/г); NaX (95 мг/г); бентонит природный (145 мг/г); бентонит, активированный H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (165 мг/г).

На четвертые сутки эксперимента (продолжительность 100 часов) влагоемкость адсорбентов менялась следующим образом: бентонит природный (190 мг/г); бентонит, активированный Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (210 мг/г); CaA (220 мг/г); NaX (235 мг/г); NaA (235 мг/г); бентонит, активированный H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (245 мг/г).

Следующие 4 сутки влагоемкость составляла: бентонит природный (200 мг/г); бентонит, активированный Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (220 мг/г); бентонит, активированный H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (270 мг/г); CaA (270 мг/г); аллюмосиликат (290 мг/г); NaA (350 мг/г); NaX (265 мг/г).

В последующее время проведения эксперимента по исследованию влияния продолжительности адсорбции (800 часов) на влагоемкость адсорбента видно, что для всех бентонитов влагоемкость стабилизировалась на уровне, достигнутом при 200-часовой обработке: бентонит природный (200 мг/г); бентонит, активированный Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (220 мг/г); бентонит, активированный H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (270 мг/г).

Влагоемкость цеолитов и аллюмосиликата при увеличении времени адсорбции увеличивалась.

У цеолитов NaA и NaX влагоемкость повышалась и становилась максимальной на 25 сут-



ки, далее стабилизировалась на уровне: NaA – 550 мг/г, NaX – 500 мг/г. На 33 сутки проведения эксперимента влагоемкость цеолита NaA имела тенденцию к небольшому снижению.

У адсорбентов: алюмосиликата и цеолита CaA влагоемкость при увеличении продолжительности адсорбции до 800 часов увеличивалась: у алюмосиликата до 390 мг/г, у цеолита CaA до 375 мг/г.

Таким образом, из сравнения изотерм адсорбции, приведенных на рисунке 5, видно, что наибольшие количества воды адсорбировались цеолитом NaA: при увеличении времени обработки от 280 часов до 800 часов влагоемкость возрастала от 400 мг/г до 550 мг /г, у NaX в этом интервале продолжительности влагоемкость увеличивалась от 400 до 500 мг/г.

Наиболее эффективными осушителями природного газа являлись цеолит NaA и NaX, эффективность которых по поглощению влаги повышалась с увеличением продолжительности адсорбции, начиная со 100 часов. При продолжительности адсорбции до 100 часов наиболее эффективным адсорбентом являлся цеолит CaA.

У образцов бентонитовых глин поглощение воды происходило эффективно в первые часы адсорбции (20-100 часов) до предельного насыщения, при дальнейшем контакте газа с адсорбентом влагоемкость не изменялась и

находилась на стабильном уровне предельной адсорбции.

На рисунке 5 приведены результаты исследования адсорбционной активности адсорбентов (цеолитов, алюмосиликата и бентонитов) по воде при различных температурах. Влияние температуры исследовалась в интервале 20-40°C и атмосферном давлении.

За величину адсорбции образцов адсорбентов принято значение изменения содержания влаги в образцах природного газа, отнесенное к единице массы адсорбента ( $\Delta C/m$ ). Содержание влаги в образцах природного газа определяли хроматографическим методом.

С повышением температуры наблюдается тенденция к уменьшению адсорбционной активности адсорбентов по воде.

Наибольшей активностью по адсорбции паров воды обладает цеолит NaA. Изменение содержания поглощаемой влаги при 20°C составляет ( $\Delta C/m$ ) 0,25 против 0,2 у алюмосиликата; 0,19 – цеолит CaA; 0,1 – бентонит, активированный  $H_2SO_4$ ; 0,09 – бентонит, активированный  $Na_2CO_3$ ; 0,075 – природный бентонит.

При повышении температуры до 40°C изменение содержания влаги на цеолите NaA составляет 0,07, на алюмосиликате – 0,04, на CaA – 0,03, на цеолитах (природном, активированном серной кислотой и карбонатом натрия) составляет 0,025.

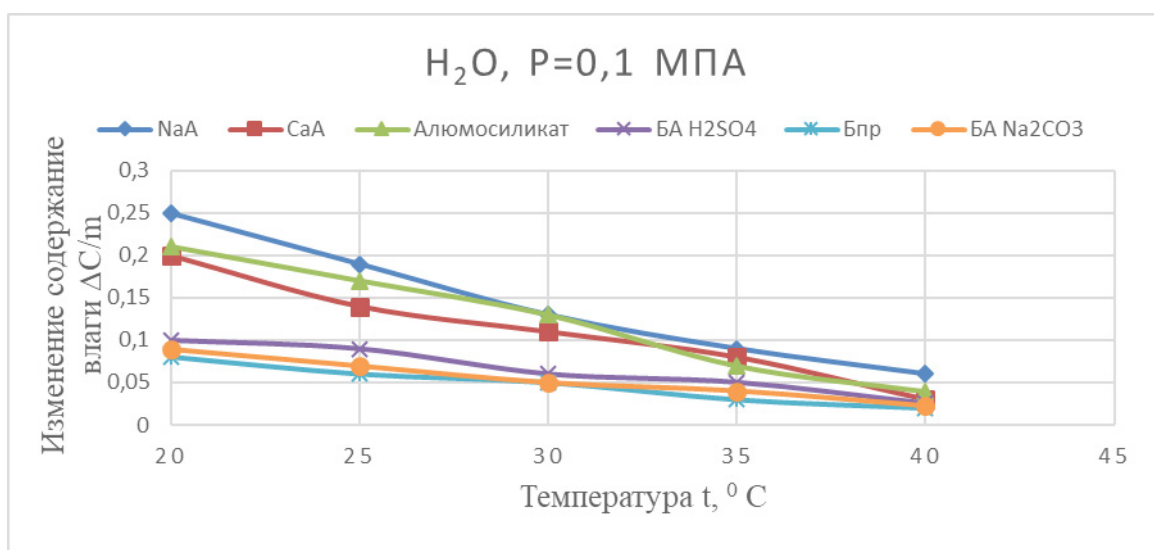


Рис. 5. Зависимость изменения содержания влаги от температуры



Таблица 2.

Состав природного и активированных бентонитов

Катионы	Содержание катионов, ммоль/100 г сухого вещества в бентоните		
	Бпр	БА <sub>Na2CO3</sub>	БА <sub>H2SO4</sub>
Na <sup>+</sup>	8,1	38,1	1,2
K <sup>+</sup>	1,3	1,8	0,5
Ca <sup>2+</sup>	13,1	4,9	14,9
Mg <sup>2+</sup>	12,9	2,8	5,8
Суммарно	35,4	47,6	22,4

Также нами проведено исследование адсорбции и десорбции влаги на активированной разными способами (наноструктурированной) бентонитовой глине. Химический состав исследованных образцов бентонитовой глины приведен в табл. 2.

Активирование карбонатом натрия создает щелочную среду, что оказывает влияние на химический состав бентонита вследствие растворения свободного кремнезема – снижение содержания оксида кремния и увеличение содержания оксидов алюминия, железа, щелочных и щелочноземельных металлов в образцах бентонитов.

В результате замещения металлами первой группы таблицы элементов в бентокомплексе на ионы натрия, обнаруживает их более чем четырехкратное возрастание, а это, в свою

очередь, увеличивает ионообменную глиноемкость от 75 до 120 мг-экв /100 г глины.

Вымывание ионов алюминия, железа и магния при обработке кислотой приводит к разрушению кристаллической структуры глинистых минералов и способствует развитию поверхности. Удельная поверхность бентонита возрастает более чем в три раза, до 76 м<sup>2</sup>/г благодаря развитию структуры, характеризующейся меньшим размером пор – наблюдается уменьшение их диаметра с 118 до 66 нм.

Также мы можем заметить, что наибольшей адсорбцией обладает бентонит, активированный H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 168 мг/г, а наименьшей обладает природный – 150 мг/г. Это явление можно объяснить тем, что наибольшей удельной поверхностью обладает бентонит, активированный серной кислотой, 76 м<sup>2</sup>/г против 24 м<sup>2</sup>/г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Для разработки перспективного метода подготовки природного газа к дальнейшей переработке его в метано-водородную смесь проведено исследование адсорбционной способности различных типов твердых адсорбентов – цеолитов, цеолитсодержащих катализаторов, алюмосиликата, силикагеля и бентонитов (природного, активированных карбонатом натрия Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и серной кислотой H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> бентонитовых глин месторождения Катаяма Чеченской Республики).

2. Проведенные исследования адсорбционной активности образцов адсорбентов

по H<sub>2</sub>O показывают, при осушке природного газа наиболее эффективным является цеолит NaA.

3. Установлено, что активирование бентонитовых глин Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> значительно повышает их адсорбционную активность. Результаты исследований показывают, что на начальном этапе адсорбции активность бентонитовых глин выше, чем у исследованных нами адсорбентов, особенно по поглощению влаги.

4. Несмотря на то, что природные бентонитовые глины обладают сравнительно небольшой адсорбционной активностью, они имеют,

на наш взгляд, перспективу для использования в процессах осушки, так как активация водными растворами  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  способствует повышению адсорбционной активности бентонитовых адсорбентов.

5. Наличие значительных реурсов бентонитовых глин, их доступность, дешевизна, возможность улучшения их адсорбционных свойств активированием различными добавками делают их интересными для дальнейших исследований в процессах подготовки природного газа к переработке. Дальнейший поиск

эффективных способов их активации весьма актуален. Кроме того, представляется интересным проведение исследований по определению возможности использования бентонитовых глин в многослойной адсорбционной системе.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Соглашения о предоставлении гранта в форме субсидии №05.607.21.0311 от «02» декабря 2019 г. Уникальный идентификатор проекта – RFMEFI60719X0311.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Акимбаева А. М., Ергожин Е. Е. Оценка структурных и сорбционных характеристик активированного бентонита // Коллоидный журнал. 2007. Т. 69. №4. С. 437-443.
2. Байрамова А. С. Исследование процесса адсорбционного разделения цеолитами газовой смеси // Международный научно-практический журнал «Интеграция наук». 2018. №3 (18). С. 13-15.
3. Бабина А. А., Зотов Р. А., Казаков Ю. М. Центр осушки УВС ООО «НИОСТ»: исследование российских и зарубежных цеолитных адсорбентов // НефтеГазоХимия. 2015. №3. С. 21-26.

## INVESTIGATION OF EFFICIENCY OF NATURAL GAS DRYING BY ABSORPTION AND ADSORPTION METHODS

© L. Sh. Makhmudova, H. H. Akhmadova, J. T. Hadisova,  
Z. A. Abdulmezhidova, E. U. Idrisov

*GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia*

The article analyzes modern methods of drying natural gas for further processing it into a methane-hydrogen mixture. The results of studies of absorption and adsorption drying of natural gas with liquid reagents (ethylene glycols) and solid adsorbents (zeolites and bentonites) are presented. It is shown that natural bentonite clays have a relatively small adsorption activity, their activation with aqueous solutions of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  and  $\text{H}_2\text{SO}_4$  increases the adsorption activity, and their use in combination with other adsorbents contributes to a significant increase in the adsorption processes.

The authors show the possibility and necessity of further research to find effective methods of activation of bentonite clays.

**Keywords:** natural gas, absorption, adsorption, ethylene glycol, zeolite, bentonite, activation.

#### REFERENCES

1. Akimbaeva, A. M. and Ergozhin, E. E. (2007) 'Otsenka strukturnykh i sorbtionnykh kharakteristik aktivirovannogo bentonita' *Kolloidnyi zhurnal*. [Assessment of the structural and sorption characteristics of activated bentonite. Colloid journal]. V. 69. No. 4, pp. 437-443.
2. Bayramova, A. S. (2018) 'Issledovanie protsessa adsorbtsionnogo razdeleniya tseolitami gazovoi smesi'. *Mezhdunarodnyi nauchno-prakticheskii zhurnal «Integratsiya nauk»*. [Investigation of the process of adsorption separation of gas mixture by zeolites. International scientific and practical journal "Integration of Sciences"]. №3 (18), pp. 13-15.
3. Babina. A. A., Zotov R.A. and Kazakov Yu.M. (2015) 'Tsentri osushki UVS OOO «NIOS»: issledovaniya rossiiskikh i zarubezhnykh tseolitnykh adsorbentov' [UVS dehydration center NIOS LLC: research of Russian and foreign zeolite adsorbents]. *NefteGazoKhimiya* No. 3, pp.21-26.

## МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ БИТУМОВ К МИНЕРАЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ

© Н. А. Страхова<sup>1</sup>, П. С. Цамаева<sup>2</sup>, А. А. Эльмурзаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова,  
Новороссийск, Россия

<sup>2</sup>ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

Статья посвящена анализу и изучению различных способов получения нефтяных битумов и улучшения адгезионных свойств в различных минеральных материалах. На примере Астраханского газоперерабатывающего завода показана эффективность добавления присадок – азот-, серосодержащих веществ, элементарной серы и др. для улучшения адгезионных свойств битумов к минеральным материалам. Проведен анализ воздействия перепада температур в летнее и зимнее время на вяжущие свойства битумов. Рассмотрен способ предварительной отгонки летучих компонентов из нефтей, что приводит к уменьшению содержания парафинафеновых углеводородов и улучшению качества получаемых битумов. В статье также приведены результаты экспериментальных исследований влияния окисления кислородом воздуха, повышения температуры процесса на пластичность битумов. Эффективность окисления битумов зависит от величины поверхности контакта между жидкой и газовой фазой. Ускорение процесса окисления достигается в 6-7 раз при хорошем перемешивании реагирующих фаз.

**Ключевые слова:** нефтяные битумы, адгезионные свойства, окисление, пластичность, углеводороды.

Битумы, получаемые из тяжелых нефтяных остатков, являются основной составляющей практически всех композиционных материалов. Битумы применяются в качестве связующего материала в композиционных материалах. Взаимодействие битума с поверхностью минеральных материалов посредством адгезии составляет основу процесса производства битумов дорожных марок. При получении битумов основой успешного производства является наличие структурных связей между вяжущими элементами композиционных материалов. В основе этих связей лежат процессы как физические, так и физико-химические. Контактующая поверхность на границе раздела фаз вяжущих элементов играет основную роль в создании межмолекулярных связей между композиционными материалами. Интервал физико-химического взаимодействия между этими поверхностями и последующие механические превращения формируют эксплуатационные свойства битумов [1]. Композиционные материалы – основа производства

качественного битума. Наличие поверхности раздела фаз между поверхностно-активными веществами и композиционными материалами, с точки зрения термодинамики, ведет к образованию открытой неравновесной системы. В таких системах необходима четкая граница раздела фаз. Активность реагирующих веществ через поверхность раздела также имеет четкую структуру деления между фазами. Движущей силой процесса производства битумов, основывающейся на взаимодействии фаз, переходов между разного рода фазами, химического преобразования жидкой фазы в материалах с минеральной составляющей является неравномерность концентрации ионов на противоположных сторонах водонепроницаемой мембраны.

Известно, что разность полярностей вяжущего с поверхностью минеральных материалов является основой эффективного сцепления битумов. Прочность адгезионной связи между минеральным материалом и вяжущими органического происхождения можно достичь

только при наличии между ними достаточно-го уровня электростатических взаимодействий разной полярности.

На основе электростатической теории адгезию можно объяснить образованием двойного электрического слоя на поверхности раздела битума и твёрдого минерального материала. Если рассматривать асфальтобетонное покрытие, то битум в нем присутствует в виде тонкой пленки. Свойства битума в этом тонком слое отличаются от основных свойств в массе битума. Битум в тонком слое асфальтобетонного покрытия выступает как абсорбент в связи с минеральным материалом. Свойства этого тонкого слоя зависят от структуры поверхности материалов в асфальтобетоне, химического состава взаимодействующих веществ, свойств самого битума. Свойства вяжущих компонентов битума зависят от свойств модифицирующих веществ и от полярности компонентов. Известно, что взаимодействие между битумом и минеральным материалом может быть улучшено посредством добавления небольших количеств адгезионных добавок [2].

Потребителями битумов в основном, как в нашей стране, так и в других странах, являются строительство дорог и промышленное и гражданское строительство. Предприятия по строительству дорожных покрытий забирают до 80% от общего объема производства битумов. В плане производства битумов Россия занимает лидирующие позиции во всей мировой промышленности.

К качеству дорожных битумов предъявляют определенные требования:

- необходимо наличие в комплексе структурных и механических свойств в широком диапазоне рабочих температур, когезию нужной величины, устойчивость к высоким температурам и способность сохранять форму при низких температурах;
- необходима высокая степень сцепления с поверхностью различных материалов;
- способность сохранять свойства при длительной эксплуатации.

Переработка нефти связана с большими ресурсами остаточных компонентов нефти. Наряду с этим известно, что переработка вы-

сокосмолистых нефтей связана с проблемами транспортирования и переработки. В связи с этим, проблема совершенствования имеющихся технологий переработки тяжелого нефтяного сырья с получением качественного дорожного битума, а также разработкой новых процессов, остаются актуальными.

Отличительной особенностью битумного производства отрицательного плана в России является низкое качество, по сравнению с мировыми аналогами, и только сезонное потребление. Факторами низкого качества считаются содержание парафиновых углеводородов, которые обуславливают снижение пластичности битумов, низкая долговечность, быстрое старение при интенсивной эксплуатации дорожного покрытия и другие важнейшие эксплуатационные характеристики.

Необходимость производства высококачественных битумов дорожных марок, а также битумов другого технологического назначения, не снижается даже при нынешних мощностях производства битумов в нашей стране. Развитие нефтехимической и других отраслей промышленности, задействованных прямо либо косвенно в производстве битумов, а также составляющих компонентный состав битумов не решает проблемы поиска новых решений и технологий, которые способствовали бы расширению производственной сырьевой, а также материальной базы минеральных источников. Применение в качестве минеральной сырьевой базы парафинистых и высокопарафинистых нефтяных остатков решает проблему поиска качественного сырья. Однако возникает другая проблема – поиск методов извлечения смолистых веществ.

Из исследований ученых известен метод извлечения смолистых веществ из тяжелых нефтяных остатков, а точнее – выпадения в осадок смол. Сущность такого метода заключается в том, что остаточные продукты переработки нефти окисляют кислородом воздуха в определенном промежутке времени. Опыты показывают, что в результате окислительного процесса, протекающего при температуре от 220 до 300°C, вязкость нефтепродукта повышается за счет протекания таких химических процессов, как дегидрирование, поликонден-

сация, а также других процессов, остаточных продуктов переработки нефтей.

Реконструкция технологического оборудования, в котором проводятся процессы окисления, усовершенствование процессов волнового воздействия, физическое воздействие, влекущие за собой механические преобразования, и прочие методы применяются для улучшения и ускорения процессов получения качественных битумов.

Эффективность производства напрямую связана с экономической составляющей и является основной целью промышленного производства. Эффективность процесса производства битумов достигается за счет применения как современных технологий, так и модернизации оборудования, предварительного смешивания сырья и добавок, при условии стабильности сырья с низким содержанием парафиновых углеводородов, улучшением качества битумов добавлением модификаторов [3].

Из статистических данных минавтодора известно, что протяженность российских дорог составляет более 350 тысяч километров. Чаще всего эксплуатация автомобильных дорог происходит в сложных климатических условиях в разных регионах из-за больших температурных перепадов в зимнее и летнее время. Неуклонное повышение требований к

качеству битумов, к их эксплуатационным характеристикам заставляет ученых заниматься поиском новых решений в этой области. В развитых странах для улучшения пластичности битума при различных температурах, увеличения стойкости к влиянию агрессивных сред, придания эластичности битуму акцентируют внимание на использовании модифицирования битумов синтетическими материалами на основе полимеров. Использование модификаторов, в свою очередь, приводит к увеличению стоимости такого рода битумов. Производители реализуют битум, полученный с использованием модификаторов, в несколько раз дороже, чем битум, произведенный стандартными способами.

Для повышения качества битумов в плане вяжущих свойств, а также повышения стойкости к скачкам температур используют присадки различного компонентного состава. В качестве такого рода присадок используются азотсодержащие, серосодержащие вещества, элементарную серу и др.

В экспериментальной части в качестве сырья для получения битумов использовались прямогонные мазуты и гудроны нефтей месторождений Чеченской Республики, а также газоконденсатный мазут и гудрон Астраханского газоперерабатывающего завода (АГПЗ), отличающиеся как высоким содержанием серы (до

Таблица 1.  
Физико-химические свойства мазута Астраханского ГПЗ

Физико-химические свойства мазута Астраханского ГПЗ	
Плотность	Величина показателя
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	935,0
Вязкость условная, ВУ, при 80°С	10,0
Температура, °С	
Вспышки в открытом тигле	110,0
Вспышки в закрытом тигле	90,0
застывания	31,0
Содержание, масс %	
Серы	3,18
Воды	отс
Водорастворимых кислот и щелочей	отс
Зольность, %	0,10
Коксуемость, %	0,8
Йодное число, гJ <sub>2</sub> /100г	0,74



## Физико-химические свойства гудрона Астраханского ГПЗ

## Физико-химические свойства гудрона Астраханского ГПЗ

Плотность	Величина показателя
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	956,0
Вязкость при 60 °С, мм <sup>2</sup> /с	46,5
Температура вспышки °С	156,0
Температура застывания °С	-3,0
Групповой химический состав, % масс	
парафино-нафтеновые углеводороды	28,5
ароматические углеводороды	34,2
сумма масел	62,7
смолы	31,4
асфальтены	5,9
сумма САВ	37,3

3% масс), так и высоким содержанием парафинов (до 18% масс) [3].

Физико-химическая характеристика мазутов и гудронов приведена соответственно в таблицах 1 и 2.

Если рассматривать процесс производства битумов с химической точки зрения, то они представляют собой сложную смесь органических соединений, в составе которых присутствуют углерод, водород, кислород, сера, азот и множество других металлов.

Сырьем для получения битумов любой консистенции являются остатки процессов первичной и вторичной переработки нефти и вторичного сырья. К продуктам вторичной переработки нефтяного сырья относятся отходы производства масел, крекинг-остатки и др.

Производство битумов практически во всех случаях проходит по одной и той же технологии: остатки переработки нефти подвергаются воздействию высоких температур, после предварительного окисления кислородом воздуха воздействием на остаточные фракции нефти (мазут, гудрон, полугудрон и др.) высокой температуры, кислорода воздуха, различных растворителей. Протекающие реакции формируют химический состав и последующую структуру битума.

Получение битумов дорожных марок, а также применяемых в строительстве в качестве кровельного материала, производят в основном тремя технологическими процессами. Эти

процессы могут сочетаться друг с другом или проводиться независимо. Эти процессы связаны в первом случае с концентрацией тяжелых нефтяных остатков при вакуумной перегонке. Процесс проводится пропуском инертного газа или водяного пара через объем сырья. Такого рода битумы называют остаточными. Следующий процесс связан с окислением кислородом воздуха тяжелых остатков нефтей. Температура проведения процесса колеблется в пределах 190-300°С. Такие битумы называют окисленными. Третий процесс связан со смешиванием разного рода тяжелых нефтяных остатков с дистиллятами и с окисленными или остаточными битумами [4].

Для получения высококачественных битумов важно правильно подобрать и соблюдать последовательность проведения процессов получения битумов из нефтей разного химического состава [5].

При переработке тяжелых нефтяных остатков, с целью получения битумов, в которых содержатся вещества в виде смол в немалом количестве, в том числе и тяжелые углеводороды, технологический процесс представляет собой окисление. Процесс окисления способствует образованию дополнительного количества структурообразующих компонентов – асфальтенов.

Методы получения битумов основаны на глубоком отборе масляных фракций из гудронов под вакуумом. Причем в нижней части ва-

куумной колонны получается готовый битум даже без предварительного окисления. Отсюда напрашивается вывод, что чем больше соотношение асфальтены-смолы, тем лучше структура и свойства получаемого битума и тем меньше подвержены старению при длительной эксплуатации.

Стоит отметить, что основными факторами, влияющими на процесс окисления остаточных мазутов, являются, прежде всего, природа сырья, начальная температура размягчения мазутов, содержание масел, температура и скорость окисления и др.

При наибольшем соотношении асфальтены-смолы в нефтях и низком содержании твердых парафинов технология получения битумов становится проще, и качество битумов становится выше.

Наиболее стойкими к процессам окисления, по мнению автора [6], являются парафинонафтеновые углеводороды. В процессе окисления они не подвержены превращениям. При предварительной отгонке летучих компонентов из нефтей наблюдается уменьшение содержания парафинонафтеновых углеводородов. В работе автора отмечается, что скорость окисления смеси углеводородов отличается от скорости и механизма окисления индивидуальных веществ. Окисление битумов проходит в две стадии. В исследованиях многих ученых отмечается, что повышение температуры процесса окисления вызывает, во-первых, увеличение скорости реакции дегидрирования, которое вызывает ускорение процесса образования асфальтенов, во-вторых, приводит к снижению содержания смолистых веществ и повышению чувствительности битума к температурным перепадам, что, в свою очередь, приводит к старению.

Увеличение температуры приводит к значительному увеличению скорости окисления. К примеру, при увеличении температуры до 350°C процесс окисления ускоряется в 4-5 раз, чем при температуре 250°C. Наряду с этим ускорением процесса окисления ухудшаются эксплуатационные свойства битумов, снижается производительность по битуму, соответственно происходит увеличение концентрации газов и жидкого остатка, так называемого черного соляра.

Вопрос выбора оптимальной температуры окисления битумов остается открытым. Возможно, связано это с необходимостью подбора температуры, расхода воздуха, физических параметров оборудования и прочее для каждого типа сырья.

Как отмечают многие ученые, расход воздуха является важной характеристикой при окислении битумов. От величины поверхности контакта между жидкой и газовой фазами, от интенсивности перемешивания, от состава исходного сырья в основном и зависит эффективность окисления.

Как уже отмечалось выше, самым плохим сырьем для производства битумов по стандартной технологии являются тяжелые нефтяные остатки высокопарафинистых нефтей. Однако доказано, что из малосернистых высокопарафинистых нефтей можно получить битумов дорожных марок, за счет изменения традиционных схем производственного процесса. Так, традиционная схема производства битумов заключается в осуществлении процесса вакуумной перегонки мазута и только затем производится окисление полученного сырья до структуры битума. Предварительное окисление кислородом воздуха сырья и последующая перегонка под вакуумом смеси окисленного и неокисленного мазута до устойчивой структуры битума [6].

Однако подбор сырья не позволяет соответствовать требованиям, предъявляемым к качеству и эксплуатационным характеристикам нефтяных битумов. Следует отметить, что современные технологии внесли свой вклад в развитие технологий получения качественных битумов дорожных марок на основе модификаторов. Сущность таких методов состоит в том, что тяжелые нефтяные остатки, прежде чем приступить к процессу перегонки, смешиваются с разного рода добавками. В качестве поверхностно-активных добавок чаще всего применяются отходы электродного производства в виде смол, кубовые остатки процесса получения бензола, масла и другие виды композиционных материалов, способные повлиять на качество и структуру сырья производства битумов.

В настоящее время многие исследователи предлагают в качестве одного из способов

улучшения качества битумов применение небольшого количества модифицирующих добавок. По их мнению, это позволило бы получать помимо материала для строительства дорожных покрытий и специальные антикоррозионные, герметизирующие, изоляционные, кровельные и другие материалы. В разных странах производители активно применяют в производство битумов различные добавки уже в процессе окисления для улучшения эксплуатационных свойств.

Как и кислород на битум, при нагревании оказывают действие на него такие элементы периодической таблицы, как сера и селен. В большинстве случаев предлагаемые вещества из-за высоких цен или низкой эффективности не находят практического применения. Исследования показывают, что целесообразнее применять в качестве модифицирующих добавок отходы различных производств. Одновременно решается вопрос и об их утилизации. Как вариант адгезионной добавки применяют элементную серу. В пользу использования элементной серы говорят такие факты, как низкая стоимость, высокая температура плавления,

способность смачивать поверхность минерального материала и пр. [3].

К преимуществам серы также можно отнести ее хорошую растворимость в компонентах битума. В плане химизма процесса сера влияет на битум аналогично действию кислорода воздуха. Недостатком процесса окисления кубового остатка воздухом в присутствии серы является побочное образование продуктов в виде газа, в составе которого имеется немалое количество сероводорода и диоксида углерода.

Стоит отметить, что исследования в области улучшения свойств битумов как дорожных марок, так и других вышеуказанных направлений использования, актуальны, и будут иметь место дальнейшие исследования.

В производстве адгезионных добавок лидирующие позиции занимают ряд развитых европейских стран. Однако предлагаемые адгезионные добавки по ценовой политике весьма дорогие и вопрос целесообразности применения по отношению цена-качество для дорожно-строительных кампаний остается открытым.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Абдуллин И. А., Абдуллин А. И., Тимофеев Н. Е., Белобородова О. И., Гатиатуллин М. Х.* // Асфальтобетонные смеси для дорожных покрытий (учебное пособие). Изд-во КГТУ, 2009. 204 с.
2. *Lytton R. L.* (2004). Adhesive fracture in asphalt concrete mixtures. Chapter in Youtcheff, J. (Ed.), In Press.
3. *Цамаева. П. С.* Получение битумов с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Дисс... канд. техн. наук. Астрахань, 2006. 111 с.
4. Новые строительные материалы и изделия. Региональные особенности производства [Электронный ресурс]: учебное пособие / под общ. ред. Н. В. Купчиковой; соавт.: *Д. П. Ануфриев, Г. Б. Абуова, Н. А. Страхова, Л. П. Кортюченко, В. А. Филин, Е. М. Дербасова, С. С. Евсеева, П. С. Цамаева.* Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2019.
5. *Розенталь. Д. А.* Изучение процесса образования битумов при окислении гудронов. Дисс... докт. техн. наук. Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1972. 298 с.
6. *Кортюченко Л. П.* Пути глубокой переработки тяжелых нефтяных остатков Астраханского газоконденсатного месторождения. Дисс... канд. техн. наук. СПб., 2000. 148 с.

## METHODS FOR IMPROVING THE ADHESION PROPERTIES OF BITUMENS TO MINERAL MATERIALS

© N. A. Strakhova<sup>1</sup>, P.S. Tsamaeva<sup>2</sup>, A. A. Elmurzaev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The State Maritime University named after admiral F. F. Ushakov, Novorossiysk, Russia

<sup>2</sup>GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

The article also presents the results of experimental studies of the effect of oxidation with atmospheric oxygen, an increase in the process temperature on the plasticity of bitumen. The efficiency of bitumen oxidation depends on the size of the contact surface between the liquid and gas phases. Acceleration of the oxidation process is achieved 6-7 times with good mixing of the reacting phases.

The article is devoted to the analysis and study of various methods of obtaining petroleum bitumen and improving the adhesion properties in various mineral materials. Using the example of the Astrakhan gas processing plant, the effectiveness of the addition of additives – nitrogen-, sulfur-containing substances, elemental sulfur, etc. – to improve the adhesion properties of bitumen to mineral materials is shown. The analysis of the effect of temperature differences in summer and winter on the binding properties of bitumen is carried out. A method for preliminary stripping of volatile components from oils is considered, which leads to a decrease in the content of paraffin-naphthenic hydrocarbons and an improvement in the quality of the obtained bitumen.

**Keywords:** petroleum bitumens, adhesive properties, oxidation, plasticity, hydrocarbons.

### REFERENCES

1. Abdullin, I. A., Abdullin, A. I., Timofeev, N. E., Beloborodova, O. I. and Gatiatullin, M. H. (2009) *Asfal'tobetonnye smesi dlya dorozhnykh pokrytii (uchebnoe posobie)* [Asphalt concrete mixtures for road surfaces (textbook)]. KSTU Publishing House, 204 p.
2. Lytton, R. L. (2004). Adhesive fracture in asphalt concrete mixtures. Chapter in Youtcheff, J. (Ed.), In Press.
3. Tsamayeva, P. C. (2006) *Poluchenie bitumov s uluchshennymi ekspluatatsionnymi kharakteristikami*. Diss. kand. tekhn. nauk [Production of bitumen with improved performance. Ph. D Thesis]. Astrakhan. 111 p.
4. (2019) *New building materials and products. Regional features of production* [Electronic resource]: tutorial in general N. V. Kupchikova (Ed.); coauthors: D. P. Anufriev, G. B. Abuova, N. A. Strakhova, L. P. Kortovenko, V. A. Filin, E. M. Derbasova, S. S. Evseev, P. S. Tsamaev. Astrakhan State University of Architecture, Construction, Astrakhan.
5. Rosenthal, D. A. (1972) *Izuchenie protsessa obrazovaniya bitumov pri okislenii gudronov*. Diss. d-ra tekhn. nauk. [Study of bitumen formation during tar oxidation. D. Sc. Thesis]. LTI named after Lensovet, Leningrad, 298 p.
6. Kortovenko, L. P. (2000) *Puti glubokoi pererabotki tyazhelykh neftyanykh ostatkov Astrakhanskogo gazokondensatnogo mestorozhdeniya*. Diss. kand. tekhn. nauk. [Ways of deep processing of heavy oil residues of Astrakhan gas condensate field. Ph. D. thesis], St. Petersburg. 148 p.

## СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 69.05:628.153

DOI: 10.34708/GSTOU.2020.19.91.005

### СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ НАПРЯГАЮЩИХ БЕТОНОВ ЗАМОНОЛИЧИВАНИЯ СТЫКОВ

© Ж. Т. Айменов<sup>1</sup>, А. Ж. Айменов<sup>1</sup>, И. З. Кашкинбаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан

<sup>2</sup>КазГАСА, Алматы, Казахстан

В работе приведены результаты исследований по проектированию составов мелкозернистых бетонов на напрягающем цементе для замоноличивания стыков труб. Задачей исследования явилось получение материала заделки стыков с заданными физико-механическими свойствами. Для этого были определены оптимальные составы мелкозернистых бетонов на напрягающих цементах и условия получения материала, удовлетворяющего требованиям, предъявляемым к бетонам заделки стыков бетонных труб, закрытых водоподающих систем. Исследования проводились на экспериментальных установках. Установлено, что мелкозернистые бетоны на основе напрягающегося цемента обладают особо плотной структурой, обуславливающей их высокую непроницаемость, также повышенную трещиностойкость благодаря наличию в них самонапряжения.

Высокая непроницаемость обусловлена его слабо пористой структурой, округлой изометричной формой пор, отсутствием неплотностей между заполнителем и цементом. Исследованиями установлено, что путем изменения водоцементного отношения, расхода напрягающегося цемента и песка можно регулировать структуру напрягающего бетона.

**Ключевые слова:** стыки труб водоподающих систем, напрягающий цемент, мелкозернистый бетон.

Размеры усадки обычного бетона не позволяют с гарантией заделывать стыки труб, и придание водонепроницаемости обычным цементом оказывается трудно реализуемой задачей, так как последующая усадка вызывает трещины или отделение бетона, при этом затрудняется замоноличивание железобетонных труб в единую жесткую систему.

Анализ исследований [1] показывает, что при изучении путей повышения прочности растворов необходимо учитывать изменение прочностных и деформативных свойств заполнителя в бетонах при предварительном обжате его цементной обоймой.

Предварительное обжатие заполнителя обеспечивается вследствие деформаций це-

ментного камня. Это явление, с одной стороны, приводит к увеличению прочности заполнителя в бетонах, а с другой – к появлению растягивающих напряжений вокруг негидратированных крупных зерен цемента. Подобные «инородные» тела препятствуют объемным деформациям (усадке) цемента, следовательно, являются концентраторами внутренних напряжений более высокого порядка. Это сказывается на конечной прочности бетона. Устранение или предельное уменьшение этих усадочных напряжений (усадок) может стать резервом повышения прочности бетонов.

Такое положение ставит перед технологами задачу определения путей реализации этого резерва, повышения прочности мелкозерни-



стых бетонов для заделки стыков труб инженерных систем и сооружений.

О правильности постановки задачи, о необходимости уменьшения усадочных деформаций именно растворной составляющей можно убедиться, анализируя результаты исследования, приведенные В.В. Михайловым [2]. Исследуя капиллярное взаимодействие коллоидных частиц затвердевшего цементного камня, В.В. Михайлов показал, что внешнее проявление усадки растворов и бетонов значительно меньше усадки самого цемента в связи с сопротивлением процессу усадки, оказываемым заполнителем. При этом размер усадки содержащегося цемента в растворе остается на прежнем уровне, в силу чего в каждой пазухе между заполнителями возникают большие растягивающие напряжения в цементном камне, приводящие к появлению в нем микротрещин (усадочных трещин). Существование таких внутренних разрывов, кроме понижения прочностных и деформативных свойств, ведет также к понижению водонепроницаемости [4]. Как известно, водонепроницаемость раствора служит одной из важнейших характеристик, определяющих его применение в стыках труб водоподающих систем.

Производственные наблюдения и экспериментальные исследования показали, что единственным путем фильтрации воды являются стыки труб, а именно капилляры и неплотности материала заделки. Следовательно, задача обеспечения водонепроницаемости стыков сводится к созданию высокой плотности (непроницаемости) материала заделки.

Подводя итог теоретического анализа, необходимо отметить, что на современном этапе одним из главных направлений исследований мелкозернистых бетонов для заделки стыков трубопроводов водоподающих систем оказывается определение условий получения материала с необходимыми физико-механическими свойствами (прочность, водонепроницаемость и др.) [5-6].

Исходя из внутреннего напряженного состояния компонентов бетона, обусловленного усадкой цементного камня, можно отметить, что одним из значимых резервов повышения прочности и водонепроницаемости стыков

служит устранение или предельное уменьшение усадочных явлений в бетоне.

В решении этих вопросов перспективными являются исследования мелкозернистых бетонов, в которых в качестве вяжущего применен напрягающий цемент.

Как известно, мелкозернистые бетоны на гидравлических вяжущих при твердении на воздухе уменьшаются в объеме, поскольку процесс их твердения сопровождается усадкой. Усадочные деформации в сочетании с температурными деформациями и низкой прочностью бетона на растяжение приводят к появлению трещин в стыках труб, повышают их деформативность, уменьшают непроницаемость и долговечность.

Следовательно, важной задачей исследования явилось получение материала заделки стыков с заданными физико-механическими свойствами. С этой целью были выявлены оптимальные составы мелкозернистых бетонов на напрягающих цементах.

Оптимизация составов мелкозернистых бетонов на напрягающем цементе осуществлялась из условия получения материала, удовлетворяющего требованиям, предъявляемым к бетонам заделки стыков железобетонных и бетонных труб, закрытых водоподающих систем. Подбор составов производился согласно действующей нормативно-технологической документации по принятым методикам абсолютных объемов и уточнялся по результатам пробных затворений корректировкой подвижности бетона в заданных пределах, и были подобраны составы мелкозернистых бетонов на напрягающем цементе марок 20, 25 и 30 с удобоукладываемостью, определенной по способу Б.Г. Скрамтаева – (20+2) с. (таблица 1).

Прочностные показатели мелкозернистых бетонов на напрягающем цементе подобранных составов определялись при коэффициенте вариации прочности контрольных образцов 6%. Испытание образцов в возрасте 28 суток показало соответствие подобранных составов мелкозернистых бетонов на напрягающем цементе проектируемым маркам (таблица 2).

Исследования проводились на экспериментальных установках. При этом ставилась задача – определить физико-механические



Таблица 1.

## Составы мелкозернистых бетонов на напрягающем цементе

№ состава бетона	Марка цемента	Марка бетонной смеси	Расчетный расход материалов на 1 м <sup>3</sup> бетона, кг				Жесткость бетон. смеси	Коэффициент корректировки	Фактический расход материалов на 1 м <sup>3</sup> бетона, кг			
			Цемент	Песок	вода				Цемент	Песок	вода	
					Затворения	На пред. гидр.					Затворения	На пред. гидр.
1	400	350	360	730	144	14	20	0,947	341	691	136	13
2	400	300	320	670	135	13	22	0,975	293	653	132	13
3	500	250	280	580	125	12	22	0,982	275	570	123	12

Таблица 2.

## Прочностные характеристики мелкозернистых бетонов на напрягающем цементе

№ состава бетона	Марка бетона	Водоцементное отношение	Факт. объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности в МПа в возрасте, сут.					
				на сжатие		на растяжение при изгибе		на осевое растяжение	
				7	28	7	28	7	28
1	400	0,4	1181	28,3	34,9	5,6	6,2	3,1	3,8
2	400	0,45	1091	24,7	30,1	5,2	5,6	2,3	2,9
3	500	0,5	980	21,3	25,3	3,6	4,2	2,5	2,9

свойства мелкозернистых бетонов на напрягающем цементе. Образцы выдерживались в условиях частично исключенной массоотдачи раствора. С этой целью для предохранения образцов от потери воды затворения открытая поверхность находящихся в формах образцов покрывалась самоклеящейся пленкой, что в свое время не препятствовало свободным деформациям расширения бетона на напрягающем цементе.

Исследуя величину расхода цемента, необходимо отметить, что он определяет не только технические свойства бетона, но и экономичность используемых составов. Установлено, что изменение прочности напрягающего мелкозернистого бетона с изменением расхода напрягающего цемента подчиняется закономер-

ностям, свойственным обычным бетонам. Однако для мелкозернистого бетона на напрягающем цементе эти значения предельной прочности по абсолютной величине значительно превосходят эти же показатели обычного бетона. Таким образом, применение напрягающего цемента взамен обычного при одинаковом их расходе позволяет получать бетоны более высокой прочности или обеспечивать снижение расхода, вяжущего при получении равнопрочных бетонов.

Предельные значения прочности бетона и соответствующие им расходы цемента приняты нами как эффективные (оптимальные). Так, для напрягающего бетона при прочности 34,0 МПа граница эффективного расхода напрягающего цемента составила 340-360 кг/м<sup>3</sup>, при

прочности 26,0-30,0 МПа – 250-300 кг/м<sup>3</sup> соответственно, т. е. эффективным считается такой расход цемента, при котором на 1 кг вяжущего обеспечивается примерно 0,1 МПа прочности бетона. Выбор расхода цемента в пределах этой границы обеспечивает получение наиболее экономичных составов бетонов.

Применение напрягающего цемента в мелкозернистом бетоне вызывает необходимость включения в разряд важных его характеристик, наряду с прочностью, самонапряжение.

В этой связи исследования по определению физико-механических свойств мелкозернистых бетонов на напрягающем цементе показали, что здесь существенную роль играют процессы расширения цементного камня. Кроме того, необходимо отметить, что при твердении образцов в условиях свободного проявления деформаций расширения показатели прочности и расширения взаимосвязаны и в известной степени зависят от применяемых мелких инертных материалов. Экспериментами выявлено, что наибольшими показателями развития свободного расширения обладают бетоны на керамзитовом заполнителе. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что материалы, обладающие пористостью, способны аккумулировать воду затворения, с последующей влагоотдачей и повышением процессов расширения.

Как правило, чем выше значение расширения, тем ниже прочность образцов в свободном состоянии, и наоборот, большему показателю прочности образцов соответствует меньшее значение их свободного расширения.

Вместе с тем, показатели расширения могут изменяться не только в зависимости от технологических факторов, но и от «внешнего», механического воздействия, ограничивающего проявление деформаций его свободного расширения [3]. Именно в таких условиях расширяется мелкозернистый бетон на напрягающем цементе, в котором деформации расширения бетона ограничены упругим сопротивлением замкнутого пространства стыковых соединений труб оросительных систем.

Расширение мелкозернистого бетона в условиях ограничения по сравнению с его свободным расширением уменьшается в не-

сколько раз. При этом деформации упругого обжатия цементного камня ничтожно малы по сравнению с разностью деформаций свободного и связанного (упруго ограниченного) расширения. Это говорит о том, что самонапряжение цементного камня, возникающее при ограничении деформаций его свободного расширения, не подчиняется закономерностям самонапряжения упругих тел [7-10].

Поскольку внешнее механическое ограничение деформаций свободного расширения мелкозернистых бетонов на напрягающем цементе так резко влияет на размер его расширения, следует ожидать, что это также отразится на изменении в сторону увеличения прочностных характеристик (самонапряжение, плотность и водонепроницаемость). В данном случае просматривается общая закономерность, свойственная материалу, способному пластически деформироваться под нагрузкой. Опыты [2] по раннему нагружению бетона разных составов показали, что упрочнение бетона при его твердении под нагрузкой тем выше, чем больше цементного камня в бетоне и чем он «моложе», т. е. менее прочен к началу нагружения.

В конструкциях на основе напрягающего цемента расширение и соответствующее сжатие происходит вскоре после их изготовления. Следовательно, рассматривая твердение мелкозернистого бетона на напрягающем цементе в условиях связанных деформаций (стыки труб) в вышеуказанном аспекте, можно также ожидать увеличения его прочности по сравнению с прочностью бетона, расширяющегося свободно.

Результаты проведенных исследований показали, что прочность мелкозернистых бетонов на напрягающем цементе, определенная по образцам расширяющихся в свободном состоянии, не характеризует прочность бетона в стыках труб. Так, прочность бетона в условиях связанной деформации на 20-30% выше прочности, определенной по образцам расширяющихся свободно. Здесь же было проверено влияние расходов напрягающего цемента и песка на самонапряжение бетона [3]. По мере увеличения расхода напрягающего цемента в мелкозернистом бетоне показатели его самона-

пряжения возрастают, что подтверждает мысль о границах эффективного расхода и получения наиболее экономичных составов напрягающих бетонов.

Мелкозернистые бетоны на основе напрягающего цемента обладают особо плотной структурой, обуславливающей их высокую непроницаемость не только по отношению к воде, к нефтепродуктам и газу, а также повышенную трещиностойкость благодаря наличию в них самоупрочнения [3, 4].

Исследования по водонепроницаемости стыков труб водоподающих систем, заделанных мелкозернистым бетоном на напрягающем цементе, и влиянию на них различных факторов в настоящее время фактически отсутствуют.

В связи с этим изучалось влияние на водонепроницаемость мелкозернистых бетонов, расход напрягающего цемента, содержание песка в бетоне и водоцементное отношение. Испытания на водонепроницаемость мелкозернистых бетонов на напрягающем цементе проводились в соответствии с ГОСТ 12730.5-84 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости. Методы испытаний». Испытанию подвергались стандартные образцы, для них была принята единая методика проведения испытаний: подъем давления на 0,2 МПа, с выдержкой на каждой ступени 16 ч. Когда давление достигало 1,2 МПа, наибольшей величины, нормируемой для мелкозернистых бетонов, его повышали ступенями от 0,2 до 1,6 МПа, которые являются предельными для испытательной установки. Это вполне удовлетворяет требованиям, так как расчетное внутреннее давление в трубопроводах и соответственно в стыках труб достигает следующих параметров: 1,5 МПа – для I класса труб; 1,0 МПа – для II и 0,5 МПа – для III класса труб. При вышеперечисленных давлениях образцы выдерживались от 24 ч до 3-х суток, причем во всех случаях фильтрация воды через мелкозернистый бетон на напрягающем цементе не наблюдалась. В связи с этим для выявления качественных различий в структуре бетона в зависимости от различных факторов образцы после снятия давления немедленно извлекались из обоймы и разрушались под прессом по образующей, после чего

фиксируют высоту подъема воды в сечении и характер увлажнения.

Проведенные по вышеуказанной методике испытания позволили установить, что в образцах мелкозернистого бетона на напрягающем цементе граница подъема при соответствующей величине давления располагается на определенном расстоянии от нижней плоскости образца. При этом длительное выдерживание образцов под давлением не увеличивает глубину пропитки их водой, дающее основание предполагать, что после подъема жидкости до определенной границы фильтрация прекращается.

Результаты экспериментов согласуются с исследованиями [2], в которых считается, что продвижение жидкости в глубь бетонов происходит вначале под действием градиента давления  $\Delta P$  и сил капиллярного всасывания  $P_c$ , направленных в одну сторону. При достижении поднимающейся жидкостью уровня, соответствующего высоте капиллярного подъема, силы капиллярного всасывания начинают препятствовать дальнейшему продвижению жидкости, которое становится возможным только при условии, когда  $\Delta P > P_c$ . При этом будет иметь место так называемое вязкое течение жидкости через бетон. Необходимое условие этого процесса – наличие некоторого избыточного давления, превышающего капиллярные силы.

Наблюдаемая в наших экспериментах высокая водонепроницаемость мелкозернистых бетонов на напрягающем цементе определяется высокой полностью и непроницаемостью зоны контакта между напрягающим цементом и заполнителем, являющегося следствием уплотнения цементного камня напрягающего цемента в условиях всестороннего сжатия вследствие самоупрочнения. Кроме того, высокая непроницаемость обусловлена его слабopористой структурой, округлой изометричной формой пор, а также отсутствием неплотностей между заполнителем и цементом.

Результаты наших экспериментов согласуются с результатами исследований водонепроницаемости бетонов на напрягающем бетоне [2]. Испытаниям по методике и на установке НИИЖБа подвергались цилиндри-

Таблица 3.

## Влияние технологических факторов на водонепроницаемость мелкозернистых бетонов на напрягающем цементе

Расход материала на 1 м <sup>3</sup> бетона			Водоцементное отношение	Жесткость бетонных смесей, с	Глубина проникновения воды при 16 атм., см
Цемент	Песок	Вода			
360	730	158	0,45	20	3,7
320	670	148	0,47	20	3,9
280	580	137	0,51	22	4,2

ческие образцы  $h = 300$  и  $d = 100$  мм. При максимальном давлении воды на образец, которое предусмотрено прибором (2,4 МПа), не было обнаружено фильтрации воды. Это говорит о том, что исследованные нами составы мелкозернистых бетонов на напрягающем цементе могут быть водонепроницаемыми и при давлении до 2,4 МПа.

Все это позволяет сделать вывод о том, что в формировании непроницаемой структуры бетона определяющее значение имеет расход напрягающего цемента. Влияние расхода напрягающего цемента на водонепроницаемость мелкозернистого бетона на напрягающем цементе изучалось на образцах, изготовленных из равноподвижных бетонных смесей жесткостью 20-22 с. Как видно из таблицы 3, увеличение расхода цемента от 280 до 360 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона привело к уменьшению проницаемости бетона.

Повышение непроницаемости мелкозернистого бетона с увеличением расхода цемента в этих пределах обусловлено тем, что в равноподвижных смесях увеличение расхода цемента приводит к уменьшению В/Ц, определяющему характер пористости единицы объема цементного камня в растворе, а также более полному заполнению межзерновых пустот песка (при Ц=280 кг/м<sup>3</sup> объемное соотношение Ц: П составляет 1:2 при 360 кг/м<sup>3</sup>-1:1,5).

Последующее увеличение расхода напрягающего цемента свыше 360 кг/м<sup>3</sup> не дает за-

метного изменения проницаемости бетона. Что же касается минимальных расходов цемента, при которых можно получить водонепроницаемый бетон, то, по результатам экспериментов, расход цемента с 280 кг/м<sup>3</sup> мелкозернистого бетона позволяет достигнуть водонепроницаемости свыше W-12 (при проницаемости образцов 1,2 МПа). Увеличение расхода цемента в бетоне свыше 280 кг/м<sup>3</sup> при максимальном давлении воды лишь изменяет высоту подъема воды в сечении образца. По показателям водонепроницаемости изученный напрягающий бетон значительно превышает максимальную марку по водонепроницаемости (W-12), нормируемой для обычных бетонов, и может быть отнесен к бетонам особо плотной структуры.

Результаты настоящих исследований показали, что при проектировании составов мелкозернистых бетонов на напрягающем цементе с маркой по прочности В-35 выбор расхода напрягающего цемента необходимо осуществлять исходя из необходимой прочности бетона. Это продиктовано тем, что расход цемента, обеспечивающий получение бетона прочностью 30 МПа, превышает минимально необходимый для обеспечения В/Ц. Расходом напрягающего цемента и песка можно регулировать структуру напрягающего бетона и получать плотные водонепроницаемые бетоны с различным сочетанием физико-механических свойств (прочность, объемная масса и самонапряжение).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Покровский В. М., Сидоренко В. М. Дефекты бетонных конструкций и способы их устранения // ЦБНТИ Минводхоза СССР. 1987. 7 с.

2. Михайлов В. В., Литвер С. А. Расширяющийся и самоупрочивающийся цементы и самоупрочивающиеся железобетонные конструкции. Москва: Стройиздат, 1974. 346 с.
3. Айменов А. Ж., Кашкинбаев И. З., Айменов Ж. Т. Влияние режимов термообработки на прочность и самоупрочивание напрягающегося бетона // Вестник МКТУ. № 1. Туркестан, 2011. С. 3-9.
4. Кашкинбаев И. З. Новое в строительстве магистральных трубопроводов: Монография. Алматы: Ғылым, 1998. 103 с.
5. Гендин В. Я. Массопотери прогретого бетона при выдерживании на морозе // Бетон и железобетон. 1992. № 3. С. 23-24.
6. Крылов Б. А. Вопросы теории и производства применения электроэнергии для тепловой обработки бетона в разных температурных условиях // Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. Москва: НИИЖБ, 1969. 51 с.
7. Крылов Б. А., Ли А. Н. О воздействии электрического тока на твердение бетона // Бетон и железобетон. 1992. № 2. С. 7-8.
8. Звездин О. И., Мирошниченко К. К., Пунагин В. Н. Составы, компенсирующие усадку на основе напрягающего цемента // Бетон и железобетон. 1989. № 4. 33 с.
9. Звездин О. И., Титов М. Ю. Бетон с компенсированной усадкой для возведения трещиностойких конструкций большой протяженности // Бетон и железобетон. Москва: Ладья, 2001. С. 17-20.
10. Горчаков Г. И., Лифанов И. И., Терехин Л. Н. Коэффициенты температурного расширения и температурных деформаций строительных материалов. Москва: Стандарты, 1969. 257 с.

## CONSTRUCTION AND TECHNICAL PROPERTIES OF FINE-GRAIN STRESS CONCRETE JOINTS

© Zh. T. Aimenov<sup>1</sup>, A. Zh. Aimenov<sup>1</sup>, I. Z. Kashkinbayev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>South Kazakhstan State University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kazakh Head Architecture and Civil Engineering Academy (KazGASA), Almaty, Kazakhstan

The paper presents the results of studies on the design of compositions of fine-grained concrete on tensile cement for monolithic pipe joints. The objective of the study was to obtain material for sealing joints with specified physical and mechanical properties. For this, the optimal compositions of fine-grained concrete on tensile cements were determined from the conditions for obtaining a material that meets the requirements. Presented to concretes for sealing joints of concrete pipes of closed water supply systems. The studies were carried out in experimental facilities. It was established that fine-grained concrete based on tensile cement has a particularly dense structure, which determines their high impermeability, as well as increased crack resistance due to the presence of self-stress in them.

High impermeability is due to its weakly porous structure with a rounded isometric pore shape, the absence of leaks between the aggregate and cement. Studies have found that by changing the water – cement ratio, the flow rate of the cement and sand, the structure of the concrete can be adjusted.

**Keywords:** pipe joints of water supply systems, tensile cement, fine-grained concrete.

## REFERENCES

1. Pokrovskii, V. M. and Sidorenko, V. M. (1987) Defekty betonnykh konstrukttsii i sposoby ikh ustraneniya. TsBNTI Minvodkhoza SSSR. [Defects of concrete structures and methods of their elimination. CBSTI of the USSR. Ministry of Water Resources], 7p.
2. Mikhailov, V. V. and Litver, S. A. (1974) Rasshiryayushchiysya i samonapryagayushchii tsementy i samonapryazhennyye zhelezobetonnyye konstrukttsii. Moskva, Stroizdat [Expanding and self-stressing cements and self-stressed reinforced concrete structures]. Moscow, Stroyizdat, 346 p.
3. Aimenov, A. Zh., Kashkinbaev, I. Z. and Aimenov Zh.T. (2011) 'Vliyanie rezhimov termoobrabotki na prochnost' i samonapryazhenie napryagayushchegosya betona [Influence of heat treatment modes on strength and self-stress of tensile concrete]. Zh.:Vestnik MKTU, №1, Turkestan, pp. 3-9.
4. Kashkinbaev I.Z. (1998) Novoe v stroitel'stve magistral'nykh truboprovodov. [New in the construction of trunk pipelines], Monografiya, izd-vo. «Gylm», «Almaty» 103 p.
5. Gendin, V. Ya. (1992) 'Massopoteri progetogo betona pri vyderzhivaniy na morose' [Mass loss of heated concrete when kept in frost]. Zh. *Beton i zhelezobeton*. №3, pp. 23-24.
6. Krylov, B. A. (1969) Voprosy teorii i proizvodstva primeneniya elektroenergii dlya teplovoi obrabotki betona v raznykh temperaturnykh usloviyakh [Questions of the theory and production of the use of electricity for heat treatment of concrete in different temperature conditions]. Abstract of D. Tech. Sc. Dissertation. Moscow. SRIRC, 51 p.
7. Krylov, B. A. and Li, A. N. (1992) 'O vozdeistvii elektricheskogo toka na tverdenie betona' [About the effect of electric current on concrete hardening]. Zh. *Beton i zhelezobeton*, №2, pp. 7-8.
8. Zvezdin, O. I., Miroshnichenko, K. K. and Punagin, V. N. (1989) Sostavy Kompensiruyushchie usadku na osnove napryagayushchego tsementa [Shrinkage compensating compounds based on stress cement]. Zh.: *Beton i zhelezobeton*. №4,33 p.
9. Zvezdin, O. I. and Titov, M. Yu. (2001) 'Beton s kompensirovannoi usadkoi dlya vozvedeniya treshchinostoikikh konstrukttsii bol'shoi protyazhennosti' [Shrinkage-compensated concrete for long crack-resistant structures], Zh. *Beton i zhelezobeton*. Izd-vo Lad'ya, Moscow. Pp. 17-20.
10. Gorchakov, G. I., Lifanov, I. I. and Terekhin L.N. (1969) Koeffitsienty temperaturnogo rasshireniya i temperaturnykh deformatsii stroitel'nykh materialov. [Coefficients of thermal expansion and thermal deformation of building materials]. Standarty, Moscow, 257 p.



## КАМПУС ГРОЗНЕНСКОГО НЕФТЯНОГО В ПРОСТРАНСТВЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ г. ГРОЗНЫЙ

© С. А. Алиев, Ш. А. Насуханов, Х. А. Таймасханов, И. С-А. Муртазаев  
ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

В статье описаны основные принципы проектирования кампуса Грозненского государственного нефтяного технического университета. Представлены решения, принятые при разработке дизайна благоустройства территории кампуса университета, влияющие на формирование городской среды и город в целом. Также приведены формы участия студентов и преподавателей Грозненского нефтяного в разработке и реализации проекта, а также в национальных проектах, реализующихся на территории Чеченской Республики.

**Ключевые слова:** научно-образовательное учреждение, университет, архитектура, дизайн, городская среда.

Значимой и специфической задачей проектирования архитектурно-ландшафтной среды любого города является зона территориальной реализации научно-образовательного учреждения, которая требует отдельного подхода и особого отношения при разработке планировочной и организационной структуры города.

Пространственные образования научно-образовательных учреждений характеризуются наличием принципов тесного взаимодей-

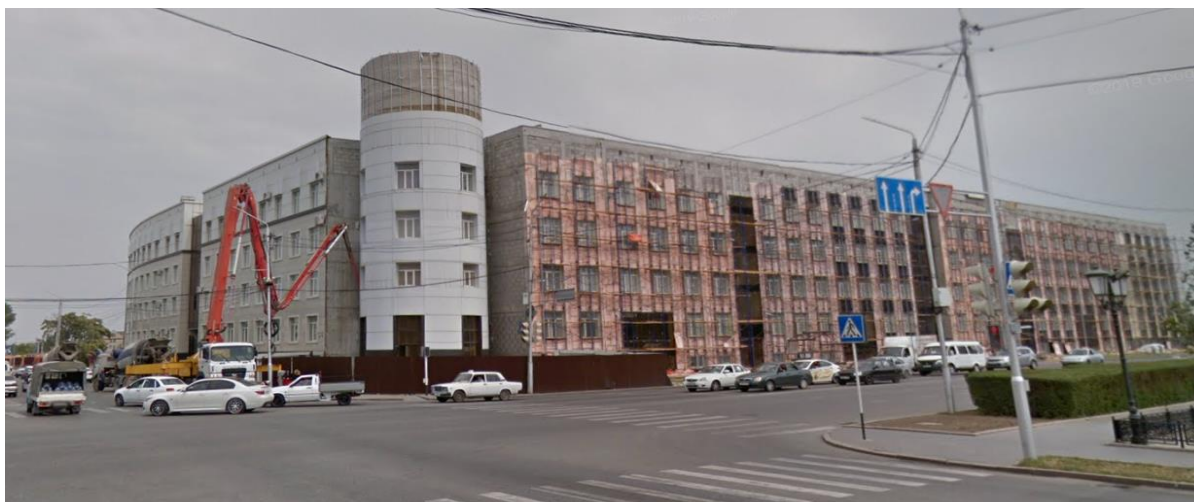
ствия различных зон на своей территории. Как правило, принципы организации «родного» пространства четко сформулированы и закреплены во внутренних регламентах научно-образовательных учреждений. Такое внимание к собственным культурным ценностям крайне положительно влияет на дизайн «родного» пространства и формирует идентичность организации [1]. В настоящее время главный учебно-административный корпус Грознен-

ского государственного нефтяного технического университета (ГГНТУ) имени академика М. Д. Миллионщикова находится на стадии масштабных реконструкций и модернизации. При разработке проекта которой перед проектировщиками поставлены задачи создания удобной и современной среды обитания на территории кампуса университета, исходя из инженерных, экологических, экономических, социальных и транспортных потребностей университета, а также задачи обеспечения узнаваемости и идентичности кампуса в соответствии с национальной культурой и менталитетом жителей республики (рисунки 1, 2) [2].

В проекте разработана комфортная система функционального зонир-



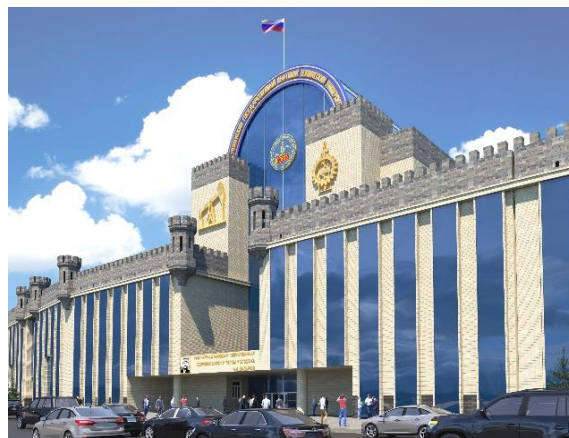
**Рис. 1.** Топографическая съемка главного административного корпуса ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова



а)



б)



в)

**Рис. 2.** ГУК ГГНТУ: начало работ по модернизации экстерьера (а);  
3D визуализация нового облика главного корпуса (б, в)

рования территории с использованием современных методов информационного моделирования зданий [3], включающая разработку и организацию главного общественного пространства для массовых мероприятий, проработку достаточного количества рекреационных площадей; качественной транспортной системы, включающая в себя территории для авто- и вело-парковки, с организацией необходимого количества парковочных мест, а также с учетом необходимости организации без барьерной среды для маломобильных категорий граждан.

Проектируемый участок функционально разделен на парадную зону, зону отдыха, зону хозяйственного назначения, парковочную и транзитную зону. Каждая зона при выборе

ее размеров, контуров и месторасположения определена в соответствии с действующими строительными нормами и правилами, а также исходя из принципов достаточности и необходимости.

При проектировании благоустройства территории кампуса (рисунок 3) особое внимание было уделено озеленению, в том числе уже существующему на участках и требующему реконструкции, и тем древесно-кустарным насаждениям, которые могли бы дополнить и украсить обновленную территорию ГГНТУ.

Грамотное озеленение территории формирует композиционную завершенность и выразительность участка. При разработке проекта благоустройства территории используются цветущие декоративные кустарники, которые



**Рис. 3.** Дизайн благоустройства внутреннего двора кампуса ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова

гармонично вписываются в ландшафтный дизайн участка.

Кроме того, еще предусмотрено и цветочное оформление. Созданы композиции из ярких цветников, места отдыха и дворики оформлены многолетними цветами.

Конструкции дорожных покрытий пешеходных зон выполнены из гранитной брусчатки, в проекте предложен рисунок дорожного покрытия, ясно отмечающий направления главных транзитов. Отдельно для центральных зон запроектировано плиточное покрытие с возможностью проезда транспорта. С учетом требований безбарьерного доступа для маломобильных групп посетителей все входы оборудованы специальными пандусами, дорожно-тропиночная сеть запроектирована шириной не менее 1,8 м и без резких уклонов, в зонах рекреации устроены специальные запады для скамеек, рядом с которыми предусматривается и размещение колясок. Таким образом, территория представляет зону комфорта для всех категорий населения.

Новый кампус ГГНТУ представляет собой единое пространство (рисунок 4), объединяющее учебные, административные, жилые и общественные здания университета с современным дизайном экстерьера. Новые образные выражения пространств, разнообразие форм, размеров и их сочетаний способствуют социальным контактам, взаимодействию сту-

дентов, преподавателей и горожан, а также стимулируют интеллектуальную активность студентов.

Градостроительное решение кампуса ГГНТУ позволяет решить проблему удачного взаимодействия с городской средой, кампус «открыт» для города: его объектами могут пользоваться жители Грозного. Кроме объектов учебного и научного профиля в составе кампуса размещены общежитие, столовая, актовый зал на 500 мест, музей истории Нефтяного, университетская «Точка кипения» и др. Город с кампусом связывают открытые входные зоны. По соседству построены и продолжают строиться объекты, увеличивающие значимость

территории для развития города (рисунок 5). Это, в первую очередь, одна из крупнейших в России и Европе центральная мечеть г. Грозный «Сердце Чечни», Цветочный парк г. Грозный, высотный комплекс «Грозный Сити», ТРЦ «Грозный Молл», Бульвар имени Махмуда Эсамбаева с комфортными площадками для отдыха и досуга и т. д.

Кроме того, в шаговой доступности от кампуса ГГНТУ расположены кампусы Чеченского государственного университета, Чеченского государственного педагогического университета и Российского Исламского университета имени Кунта-Хаджи. Пространство между университетскими кампусами заполнено живописными парковыми зонами и объектами социальной сферы города, в создании которых активное участие принимает Региональный центр компетенций (РКЦ) по вопросам городской среды в Чеченской Республике (рисунок 6).

РКЦ – структурное подразделение Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М. Д. Миллионщикова, созданный на базе института строительства, архитектуры и дизайна ГГНТУ в 2018 г. в рамках реализации сотрудничества с Министерством строительства и ЖКХ, целью которого является привлечение студенческого и академического общества к реализации национального проекта «Жильё и городская среда».





Рис. 4. 3D визуализация нового облика ГУК ГГНТУ (вид сверху)



Рис. 5. Схема размещения социально значимых объектов в шаговой доступности от кампуса ГГНТУ





**Рис. 6.** Студенты – волонтеры РЦК ГГНТУ выполняют обмеры на объекте

Как в рамках деятельности РЦК, так и в рамках курсового и дипломного проектирования студенты института строительства, архитектуры и дизайна под руководством преподавателей были привлечены к разработке проекта кампуса Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М. Д. Миллионщикова. Студентами и преподавателями кафедры «Геодезия и земельный кадастр» были проведены обмерные работы и выполнена топографическая съемка участка (рисунок 7). Студенты и преподаватели кафедры «Архитектуры и дизайна» были задействованы в разработке нового облика кампуса. По инициативе ректора ГГНТУ был проведен конкурс «Лучший дизайн экстерьера кампуса ГГНТУ», где приняли участие не только студенты и преподаватели ГГНТУ, но и ведущие проектные институты Чеченской Республики. По итогам конкурса проект, разработанный студентами Института строительства, архитектуры и дизайна под руководством Заслуженного архитектора Чеченской Республики, заведующего кафедрой «Архитектуры и дизайна» Насуханова Ш. А., был объявлен победителем.

Студенты кафедры «Технология строительного производства» принимали непосредственное участие в строительстве. Все производственные практики студенты под руководством опытных преподавателей кафедры проходили на строительной площад-

ке кампуса, здесь же был развернут штаб студенческих строительных отрядов. Студенты были задействованы в выполнение бетонных, арматурных, кладочных работ. Совместно со специалистами научно-технического центра коллективного пользования «Современные строительные материалы и технологии» студенты занимались и научно-техническим сопровождением строительства кампуса. Задачей студентов являлось: отбор проб, испытание бетонных и арматурных конструкций как непосредственно на объекте неразрушающим методом, так и в лабораторных условиях.

Помимо университетских проектов, студентами Института строительства, архитектуры и дизайна разработаны в 2019-2020 гг. в рамках деятельности Регионального центра компетенций по вопросам городской среды более 30 проектов благоустройства. Разработанные проекты уже реализованы на территории Чеченской Республики в рамках реализации национального проекта «Жилье и городская среда». Также два проекта, разработанные Центром, стали победителями Всероссийского конкурса лучших проектов создания комфортной городской среды в малых городах и исторических поселениях, и благодаря этому Курчалойский и Шалинский муниципальные образования Чеченской Республики получили субсидии для реализации проектов.

Также студенты и сотрудники центра проводят социокультурные исследования. Методика исследования разработана с учетом воз-



**Рис. 7.** Сопровождение команды РЦК в рамках реализации проекта благоустройства общественной территории

возможности привлечения волонтеров-студентов к участию в мероприятиях по сбору социологических данных о сценариях использования городских пространств, аудиториях и повседневных практиках. На основе исследований центром ежегодно создаются дизайн-проекты общественных пространств в целях улучшения городской среды, в том числе с учетом наличия научно-образовательного центра.

Проектируемые зоны в рамках национального проекта, в том числе вокруг кампуса ГГНТУ, планируется синхронизировать с другими национальными проектами, такими как «Безопасные и качественные автомобильные дороги», «Экология» и «Цифровая экономика». Так, в рамках реализации проекта «Умный город» научными сотрудниками ГГНТУ про-

водятся научные исследования, направленные на повышение безопасности («Умные светофоры») и комфорта («Умные остановки») горожан. Часть проектов, предложенных сотрудниками и студентами ГГНТУ, успешно внедрены в городскую среду вокруг кампуса, в том числе «Умные скамейки», «Умная Зebra» и др.

Таким образом, Университет уже имеет опыт разработки и продвижения проектов, которые реально направлены на инфраструктурное развитие города и улучшение жизни горожан, а принимаемые архитектурно-планировочные решения при реконструкции и строительстве кампуса ГГНТУ способствуют формированию городской среды, отвечающей мировым стандартам современного кампуса научно-образовательного центра.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Основы архитектуры зданий и сооружений: учебник / А. З. Абуханов, Е. Н. Белоконев, Т. М. Белоконова, С. А. Алиев. 5-е изд., перераб. и доп. Москва: РИОР; ИНФРА-М, 2019. 296 с. (Высшее образование). DOI: <https://doi.org/10.29039/01817-0>. – ISBN 978-5-369-01817-0. Текст: электронный. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1031255>;
2. Насуханов Ш. А., Насуханов С. Ш. Концепция развития градостроительных комплексов и формирования крупных ансамблей в городе Грозный // Актуальные проблемы современной строительной науки и образования: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 388-393.
3. Алиев С. А. Анализ устойчивости проектирования с помощью систем информационного моделирования зданий на концептуальном этапе проектирования / Бейбулатов А. М., Муртазаева Р. // Труды Грозненского государственного нефтяного технического университета им. академика М. Д. Миллионщикова. 2018. С. 34.

## CAMPUS OF THE GROZNY STATE OIL TECHNICAL UNIVERSITY IN THE SPACE OF THE URBAN ENVIRONMENT IN GROZNY

© S. A. Aliev, Sh. A. Nasukhanov, Kh. A. Taymaskhanov, I. S-A. Murtazaev  
*GSTOU named after. acad. M. D. Millionshchikov, Russia Grozny*

The article describes the basic design principles of the campus of the Grozny State Oil Technical University. The decisions made in the development of the design of the improvement of the campus of the university are presented, affecting the formation of the urban environment and the city as a whole. Also, the forms of participation of students and teachers of the Grozny Oil Field in the development and implementation of the project, as well as in the implementation of national projects being implemented on the territory of the Chechen Republic are given.

**Keywords:** scientific and educational institution, university, architecture, design, urban environment.



## REFERENCES

1. Abukhanov, A. Z., Belokonev E. N., Belokoneva T. M. and Aliev S. A. (2019) *Osnovy arkhitektury zdaniy i sooruzhenii. uchebnik* [Fundamentals of architecture of buildings and structures: textbook]. 5th ed., revised. and add. RIOR: INFRA-M, Moscow 296 p. (Higher education). DOI: <https://doi.org/10.29039/01817-0>. ISBN 978-5-369-01817-0. [Text: electronic], Available at: URL: <https://znanium.com/catalog/product/1031255>;
2. Nasukhanov, Sh. A. and Nasukhanov, S. Sh. (2017) 'Kontseptsiya razvitiya gradostroitel'nykh kompleksov i formirovaniya krupnykh ansamblei v gorode Groznyi'. *V sbornike: Aktual'nye problemy sovremennoi stroitel'noi nauki i obrazovaniya. Materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [The concept of the development of urban planning complexes and the formation of large ensembles in the city of Grozny. In the collection: Actual problems of modern construction science and education. Materials of the all-Russian scientific and practical conference], pp. 388-393;
3. Aliev, S.A. Beibulatov, A. M. and Murtazaeva, R. (2018) 'Analiz ustoichivosti proektirovaniya s pomoshch'yu sistem informatsionnogo modelirovaniya zdaniy na kontseptual'nom etape proektirovaniya'. *Trudy Groznenskogo gosudarstvennogo neftyanogo tekhnicheskogo universiteta im. akademika M. D. Millionshchikova*. [Analysis of the sustainability of design with the help of building information modeling systems at the conceptual design stage. Proceedings of the Grozny State Oil Technical University named after acad. M. D. Millionshchikov]. Pp. 34.

## ГОРОД УР – ДРЕВНЕЙШИЙ ГОРОД НА ПЛАНЕТЕ

© Ф. Х. Даудова

ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

Аналогов такого города-музея нет больше нигде в мире. Как строители знали об архитектуре и правилах строительства? Официальная наука и сейчас не может дать ответы на эту загадку. Некоторые исследователи древнего мира утверждают, что сделать все это шумерам удалось потому, что они были родом не с земли. Вероятней всего это гости из другой планеты. Противоборствующие лагеря исследователей категорически с этой версией не соглашаются. Другие исследователи считают, что Шумеры – это земляне, но это та цивилизация, которая существовала миллионы лет назад – ПРАцивилизация землян. И этим древнейшим существам не удалось выжить во время очередной общепланетарной катастрофы.

**Ключевые слова:** Ур, архитектура, археология, дизайн.

На звание самого древнего города в мире есть несколько претендентов. Это российский город Дербент, расположенный в Сирии Дамаск и Иранские города Сузы, Библос и Алеппо, Иерихон, который находится в Сирии [1]. Все они пронесли через тысячелетия память о предках, но древнейшим городом на Земле

считается Ур на юге современного Ирака. Согласно легенде, его основал шумерский царь Гильгамеш.

Город Ур, или как его называют – Ур Халдейский (по-еврейски – огонь халдейский), по праву можно считать древнейшим городом на Земле. Основание этого



Рис. 1. Древний город Ур

города относят к IV тысячелетию до н. э. (рисунок 1).

Ур, современный Талль-эль-Мукайяр, или Телль-эль-Мукайяр, Ирак, важный город древней южной Месопотамии (Шумер), расположенный примерно в 140 милях (225 км) к юго-востоку от Вавилона и примерно в 10 милях (16 км) к западу от настоящего русла реки Евфрат. В древности река протекала намного ближе к городу; изменение ее курса оставило руины в пустыне, которая когда-то была орошаемой и плодородной землей. Первые серьезные раскопки в Уре были проведены после Первой мировой войны НР-холлом Британского музея, и в результате Британский музей и Пенсильванский университет организовали совместную экспедицию, которая проводила раскопки под руководством Леонарда Вулли с 1922 по 1934 гг. Почти каждый период жизни города был проиллюстрирован открытиями, а знания об истории Месопотамии были значительно расширены [2, 3].

Основание города.

Когда-то в 4-м тысячелетии до нашей эры город был основан поселенцами, предпо-

жительно из Северной Месопотамии, фермерами, все еще находящимися на этапе энеолита. Есть свидетельства того, что их оккупация закончилась наводнением, которое ранее считалось описанным в Книге Бытия. После следующей фазы «Джамдат Наср» (поздний протолитизм) на большом кладбище были обнаружены ценные останки, связанные с более сенсационными открытиями, сделанными в Эрехе (рисунок 2).

В следующий (раннединастический) период Ур стал столицей всей южной Месопотамии под властью шумерских царей 1-й династии Ура (25 век до н. э.). Раскопки обширного кладбища периода, предшествовавшего этой династии (26 век), привели к появлению царских гробниц, содержащих почти невероятные сокровища из золота, серебра, бронзы и полудрагоценных камней, демонстрирующих не только богатство жителей Ура, но и их высокоразвитую цивилизацию и искусство. Не менее примечательным открытием был обычай, по которому королей хоронили вместе со всей свитой их придворных чиновников, слуг и женщин, которым выпала честь продолжить свою службу



Рис. 2. Древний город Ур в раннединастический период, 29-24 вв. до н. э.



в загробном мире. Музыкальные инструменты из королевских гробниц, золотое оружие, гравированные бляшки из ракушек и мозаичные изображения, скульптуры и резные цилиндрические печати – все это коллекция уникальной важности, иллюстрирующая цивилизацию, ранее неизвестную историкам. Его дальнейшее развитие или, возможно, иной аспект показали раскопки в аль-Хубайде, пригороде Ура, небольшого храма, о котором раньше не подозревали, богато украшенного скульптурами, мозаиками и металлическими рельефами и имеющего колонны, обшитые цветной мозаикой или полированной медью. Табличка с надписью в основании храма, в которой говорилось, что это была работа царя 1-й династии Ура, датировала здание и доказала исторический характер династии, которая упоминалась древними шумерскими историками, но которую современные ученые ранее отвергли как фиктивную.

Несколько личных надписей подтвердили реальное существование почти легендарного правителя Саргона I, царя Аккада, который правил в 24 веке до нашей эры, а кладбище иллюстрирует материальную культуру его времени.

Третья династия Ура, 22-21 века до н. э.

К следующему периоду, периоду 3-й династии Ура (рисунок 3), когда Ур снова был столицей империи, принадлежат некоторые из наиболее важных архитектурных памятников, сохранившихся на этом месте. Самым главным среди них является зиккурат, трехэтажный массив из сырцового кирпича, облицованный обожженными кирпичами в битумном слое, напоминающий ступенчатую пирамиду; на его вершине находилась небольшая святыня, обитель бога луны Нанны (Син), божества-покровителя и божественного царя Ура. Самая низкая ступень имеет размеры около 210 на 150 футов (64 на 46 метров), а ее высота составляет около 40 футов. С трех сторон стены, перекрытые неглубокими контрфорсами, резко поднимались. На северо-восточной стороне были три большие лестницы, каждая из 100 ступенек, одна выступала под прямым углом из центра здания, две опирались на его стену, и все три сходились в воротах между первой и второй террасами. Оттуда единственная лестница вела на верхнюю террасу и к двери маленького святилища бога. Нижняя часть зиккурата, построенного Ур-Намму, основателем династии,



Рис. 3. Древний город Ур

удивительно хорошо сохранилась. Достаточная часть верхней части сохранилась, чтобы гарантировать реставрацию [4, 5].

Раскопки показали, что к III тысячелетию до нашей эры шумерские архитекторы были знакомы с колонной, аркой, сводом и куполом, то есть со всеми основными формами архитектуры. Зиккурат проявил свою изысканность. Все стены наклонены внутрь, и их угол, вместе с тщательно рассчитанными высотами последовательных ступеней, ведет взгляд внутрь и вверх; более острый наклон лестниц подчеркивает этот эффект и привлекает внимание к святыне, религиозному центру всего огромного сооружения. Удивительно, но в конструкции нет ни одной прямой. Каждая стена, от основания до вершины и по горизонтали от угла до угла, представляет собой выпуклую кривую, кривую настолько слабую, что не видно, но дающую глазу наблюдателя иллюзию силы там, где прямая линия могла бы прогнуться под вес надстройки. Таким образом, архитектор использовал принцип энтазиса, который должны были заново открыть строители Парфенона в Афинах.

Последующие династии, 21-6 век до н. э.

Большие кирпичные мавзолеи царей 3-й

династии и построенные ими храмы были разграблены и разрушены эламитами, но храмы, по крайней мере, были восстановлены царями последующих династий Исина и Ларсы; и Ур, хотя и перестал быть столицей, сохранил свое религиозное и торговое значение. Имея доступ по реке и каналу к Персидскому заливу, он был естественным центром внешней торговли. Еще во времена правления Саргона Аккадского он поддерживал связь с Индией, по крайней мере косвенно. В Уре были найдены личные печати типа долины Инда, относящиеся к III династии и периоду Ларса, а многие сотни глиняных табличек показывают, как была организована внешняя торговля. «Морские короли» Ура доставляли товары на экспорт к перевалочному пункту в Дильмуне (Бахрейн) и собирали там медь и слоновую кость, пришедшую с востока (рисунок 4).

Глиняные таблички были найдены в жилом квартале города, значительная часть которого была раскопана. Дома частных граждан в период Ларса и при Хаммурапи Вавилонском (около 18 века до н. э., в период, когда Авраам, как предполагается, жил в Уре) были удобными и хорошо построенными двухэтажными до-



Рис. 4. Ур на карте Ирака

мами с просторными помещениями для семьи, для слуг и для гостей, которые обеспечивали уединение и подходили к климату. В некоторых домах была своего рода часовня, в которой поклонялись семейному богу и под тротуаром хоронили членов семьи. Были раскопаны многие крупные государственные храмы, а также несколько небольших придорожных святынь, посвященных частными лицами второстепенным божествам, последние пролили новый свет на вавилонские религиозные обычаи; но домашние часовни, в которых предусмотрено поклонение безымянным семейным богам, еще более интересны и могут иметь отношение к религии еврейских патриархов.

После долгого периода относительного пренебрежения Ур пережил возрождение в нововавилонский период при Навуходоносоре II (605-562 гг. до н. э.), который практически перестроил город. Чуть менее активным был Набонид, последний царь Вавилона (556-539 гг. до н. э.), величайшей работой которого была реконструкция зиккурата, увеличив его высоту до семи ступеней.

Последняя фаза, 6-4 века до н. э.

Последним царем, построившим в Уре, был Ахеменид Кир Великий, чья надпись на кирпичях похожа на «указ», процитированный писцом Ездрой о восстановлении Храма в Иерусалиме. Завоеватель явно стремился умиловать своих новых подданных, почитая их богов, какими бы они ни были. Но теперь Ур был полностью декадентским; она сохранилась до правления Артаксеркса II, но только одна табличка (Филиппа Арридея, 317 г. до н. э.) хранит эту историю. Возможно, именно в это время Евфрат изменил свое русло; и после того, как вся ирригационная система вышла из строя, Ур, его поля превратились в пустыню, был окончательно заброшен.

Открытия, сделанные на других памятниках, дополнили необычно полную запись, полученную при раскопках Ура. Знание истории города и образа жизни его жителей, их бизнеса и искусства теперь довольно полно и замечательно детализированы.

Город Ур интересен и тем, что в этом городе за 2166 лет до рождения Исы (Мир ему) родился Ибрахим (Мир ему) [4, 5].

Аналогов такого города-музея нет больше нигде в мире.

Также некоторыми учеными доказано, что Ур был затоплен во время Всемирного потопа. Настоящие доказательства потопа обнаружили лишь в прошлом веке при раскопках шумерского города Ур. Наводнение, по времени совпадающее с библейским, затопило, конечно, не всю планету, а только часть Месопотамии.

Археологи находили здесь множество древних предметов и ранее. Богатейшие материалы раскопок гробниц города Ура (I династия Ура, около XXVI века) раскрыли перед нами богатство ювелирного искусства древнего Шумера. Там же, в гробницах Ура, найдена скульптурная голова бычка с инкрустированными глазами и лазуритовой бородой – украшение одного из музыкальных инструментов. Благодаря изобретенной шумерами письменности и тому долговечному материалу, на котором они писали, до нас дошли многие события их истории и знания, доступные этому древнему народу.

Шумерская культура, наряду с египетской и эламской, является древнейшей культурой человечества, дошедшей до нас в памятниках собственной письменности. Через народы греческо-библейского мира шумеры оказали влияние на формирование современной цивилизации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <https://radiovera.ru/taynyi-biblii-ur-haldeyskiy-rodina-avraama.html>
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
3. [https://protocol.ua/ru/samiy\\_zagadochniy\\_gorod\\_drevnosti\\_v\\_ure\\_nashli\\_200\\_tonn\\_zolota/](https://protocol.ua/ru/samiy_zagadochniy_gorod_drevnosti_v_ure_nashli_200_tonn_zolota/)
4. <https://bigasia.ru/content/pub/review/zikkurat-drevnego-ura-bashnya-tshcheslaviya-shumerskikh-tsarey/>
5. <https://jew-observer.com/izrail/gde-on-ur-xaldejskij/>



## THE CITY OF UR IS THE OLDEST CITY ON THE PLANET

© F. H. Daudova

*GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia*

There are no analogues of such a city Museum anywhere else in the world. How the builders knew about architecture and construction rules. Official science still cannot give answers to this riddle. Some researchers of the ancient world claim. that the Sumerians managed to do all this because they were not from earth. Most likely they are guests from another planet. The opposing research camps strongly disagree with this version. Other researchers believe that the Sumerians are earthlings, but this is the civilization that existed millions of years ago-the proto-Civilization of earthlings. And these ancient creatures did not manage to survive during the next planetary catastrophe.

**Keywords:** Ur, architecture, archeology, design.

### REFERENCES

1. Available at: <https://radiovera.ru/taynyi-biblii-ur-haldeyskiy-rodina-avraama.html>
2. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
3. Available at: [https://protocol.ua/ru/samiy\\_zagadochniy\\_gorod\\_drevnosti\\_v\\_ure\\_nashli\\_200\\_tonn\\_zolota/](https://protocol.ua/ru/samiy_zagadochniy_gorod_drevnosti_v_ure_nashli_200_tonn_zolota/)
4. Available at: <https://bigasia.ru/content/pub/review/zikkurat-drevnego-ura-bashnya-tshcheslaviya-shumerskikh-tsarey/>
5. Available at: <https://jew-observer.com/izrail/gde-on-ur-xaldejskij/>

*«Что такое сорняк? Растение,  
достоинства которого не открыты».*  
Р. Эмерсон

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ ОТХОДЫ – НЕИСЧЕРПАЕМЫЙ ИСТОЧНИК БОГАТСТВА ДЛЯ СТРОИТЕЛЕЙ

© З. А. Естемесов<sup>1</sup>, Т. К. Султанбеков<sup>1</sup>, Н. Б. Сарсенбаев<sup>2</sup>, Г. Р. Сауганова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ТОО «ЦеЛСИМ – Центральная лаборатория сертификационных испытаний  
строительных материалов», Алма-Ата, Казахстан

<sup>2</sup>Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

В работе представлены возможные пути образования строительных отходов и способы их рационального использования. Приведенный анализ литературных данных подтвердил, что в настоящее время строительные отходы во всем мире всесторонне изучаются и разрабатываются новые эффективные технологии на их основе. Неоднократное их использование способствует созданию безотходных или малоотходных технологий в городской строительной системе, что, в свою очередь, содействует решению социальной, экономической и экологической проблем.

**Ключевые слова:** строительные отходы, хранилище, переработка, ремонт, снос зданий, бетонный лом, кирпичный бой.

В настоящее время вопросы снижения влияния различных отходов на окружающую среду являются одной из острых и глобальных экологических проблем, затрагивающих всю жизнедеятельность человека почти всех стран мира. В связи с этим резко активизировались законодательные, организационно-правовые, научно-исследовательские и общественно-политические мероприятия по предотвращению катастрофически вредного влияния техногенных материалов на окружающую среду.

Известно, что строительство и обслуживание хранилищ техногенных материалов сами по себе очень дорогие мероприятия. Например, в США стоимость участка земли для строительства таких хранилищ составляет 27500 долл/га, само строительство – 10500 долл/га, эксплуатация – 3600 долл/мес., захоронение отходов – 25900 долл/га. В России только на транспортировку тонны отходов по ценам 2000 г. расходуется 15...18 тыс. руб., стоимость утилизации 1 т мусора достигает 35...70 долларов.

Принимаемые в ряде государств на законодательной основе все ужесточающиеся

меры по борьбе с отходами, вплоть до ликвидации предприятий, их производящих и накапливающих, свидетельствуют о позитивных изменениях в экологизации производства. В связи с этим в цивилизованных странах в первую очередь решают не вопросы реализации выпускаемой продукции, а утилизации образующихся отходов. Ведь затраты на производство продукции и вывоз отходов в отвалы и их хранение равноценны.

Поэтому, как показывает анализ литературных данных, многие передовые предприятия уже сегодня разрабатывают мероприятия по переработке собственных отходов в полезные материалы, что позволяет:

- снизить себестоимость;
- повысить экономическую эффективность;
- как можно меньше платить по статьям экологии;
- получать из отходов новые эффективные материалы.

Повысить квалификацию инженерных работников и рабочих по рациональному использованию материальных ресурсов предприятий.

Известно, что в год на планете образуется около 2,5 млрд. т строительных отходов, в том числе: в США – 78 млн. т, в Европе – 180 млн. т, в Москве – 1,9 млн. т [1-2], в Казахстане – около 0,5 млн. т, в Алматы – 160 тыс. т.

В настоящее время проблемы отходов, в частности строительные, во всем мире давно глубоко и всесторонне изучаются, разрабатываются новые эффективные технологии на их основе. Например, в Дании, Нидерландах и Швеции перерабатывается 90% строительных отходов. При переработке строительных отходов в строительные материалы экономическая эффективность достигает 130...200 долл. США на каждый куб. смеси.

На рисунке 1 показаны городские строительные отходы, готовые к отправке на отвалохранилище. Мировой опыт, как уже упомя-

нули, показывает, что строительные отходы являются неисчерпаемым источником дохода для строителей. Ведь строительные отходы принадлежат к многократно возобновляемым материальным ресурсам общественного производства. В этом, на наш взгляд, их уникальность и неповторимость.

Строительные отходы в пределах населенных пунктов могут возникнуть при [3-5]:

- мажорных обстоятельствах;
- сносе жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений;
- реставрации и ремонте зданий и сооружений;
- строительстве новых объектов;
- выпуске различных строительных материалов;
- ремонте и строительстве дорог.



Рис. 1. Строительные отходы

Ниже описаны способы рационального использования строительных отходов.

В зависимости от источников образования городские строительные отходы можно разделить на 13 групп:

**I группа** – крупногабаритные и мелкоштучные бетонные и железобетонные изделия и конструкции (колонны, фундаменты, стены, плиты покрытий и перекрытий, тротуарные плиты, стеновые блоки и др.), образующиеся:

- в процессе их производства в виде брака в результате нарушения заданных технологических параметров;

- в процессе разрушения, сноса и ремонта зданий, сооружений, тепловых трасс, дорог, арыков и каналов.

При соответствующей переработке из них в первую очередь отделяют нерудные материалы, к которым относятся крупные и мелкие заполнители, цементный камень. Арматурные элементы отправляют как вторчермет на металлургические комбинаты.

Нерудные материалы сортируют на крупные – с размером зерен более 5 мм, но не более 20 мм, и мелкие – с размером менее 5 мм, но не менее 0,65 мм, заполнители (наполнители) с крупностью менее 0,65 мм. Затем определяют соответствие их физико-механических свойств нормируемым требованиям.

По результатам испытаний полученные заполнители (наполнители) рекомендуют к производству бетонных и железобетонных изделий и конструкций, сухих смесей, для дорожных работ и др.

**II группа** – пиросиликатные материалы, получаемые обжигом:

- бой кирпича, огнеупора, сантехнических и фаянсовых изделий;

- бой при разрушении, сносе и ремонте зданий и сооружений;

- бой при монтаже изделий;

- бракованные изделия по эксплуатационным, эстетическим, архитектурным и др. соображениям, не подлежащие применению.

Пиросиликатные отходы, как правило, сначала дробят, а затем измельчают до необходимой тонкости помола, после чего применяют по назначению. Они могут быть использованы в качестве мелкого и крупного заполнителя бе-

тонов, наполнителя сухих смесей, гидравлической активной добавки для цемента, компонентов пиросиликатных материалов, теплоизоляционных материалов и огнеупоров.

**III группа** – различные материалы и изделия из стекла, образующиеся из:

- боя в процессе производства материалов и изделий из стекла;

- стекольного боя в процессе хозяйственной деятельности человека.

Стекольный бой является прекрасным сырьем для производства стекольных изделий и сухих смесей. Переработка их проста: измельчение до необходимой дисперсности. При этом необходимо учесть, что в сухих смесях химико-минералогический состав стекольного боя особенной роли не играет, а при производстве стекла этот технологический параметр важен.

**IV группа** – отходы переработки и пиления древесины, изготовления столярных изделий и мебели; арболитовых изделий; легкого заполнителя глиняных, гипсовых и других растворов; выгорающей добавки при производстве пиросиликатных материалов и изделий.

**V группа** – лом металлических изделий, арматурные элементы как вторчермет, отправляемые на предприятия металлургической промышленности.

**VI группа** – отходы пиления плит из стеклянных, базальтовых и других волокон и бракованные изделия.

**VII группа** – теплоизоляционные материалы органического происхождения, например пенополистирольные изделия, плиты и гранулы в виде боя и брака отработанных изделий и плит зданий, сооружений, теплотрасс и упаковки бытовой техники.

Наиболее эффективными направлениями использования отходов этих материалов являются производство:

- кладочных растворов со средней плотностью 1200...1400 кг/м<sup>3</sup>;

- штукатурных растворов со средней плотностью 900...1100 кг/м<sup>3</sup>;

- мелкоштучных блоков со средней плотностью 800...1200 кг/м<sup>3</sup>;

- монолитной теплоизоляции чердаков и кровель со средней плотностью 200...400 кг/м<sup>3</sup>;



– теплоизоляционных материалов со средней плотностью 200...400 кг/м<sup>3</sup>.

**VIII группа** – пластмассовые изделия различного назначения, по тем или иным причинам перешедшие в разряд отходов, после соответствующей переработки которых используются в качестве заполнителя для бетонных и дорожных материалов и производства пластмассовых изделий.

**IX группа** – отходы различных резиновых изделий, после соответствующей переработки которые используются в качестве заполнителя бетонов для дорожных материалов, топлива и для производства резиновых изделий.

**X группа** – асфальтовый лом старых покрытий дорог.

**XI группа** – различные отходы производства гипсовых материалов и изделий, технология переработки которых включает их дробление, активизацию нагревом и помол.

**XII группа** – целлюлозосодержащие пресованные материалы (макулатура) – вторсырье для бумажной промышленности производства теплоизоляционных материалов типа «эковата».

**XIII группа** – лом бетона, железобетона, кирпича, санфаянсовых изделий, стекла и др., скапливающиеся в каждом цехе и на строительных площадках, подлежащие сбору и переработке.

Все эти группы представляют городские строительные отходы, источниками которых являются стройиндустрия и строительство.

Неоднократное их использование способствует созданию безотходных или малоотходных технологий в городской строительной системе, что, в свою очередь, содействует решению социальной, экономической и экологической проблем. Тем не менее, на наш взгляд, в первую очередь требуется технико-экономическое обоснование переработки этих отходов в строительные материалы.

Авторы статьи располагают банком данных по переработке строительных отходов в строительные материалы, необходимым для оценки их высокой эколого-экономической эффективности. В частности, более детально изучен опыт использования многомиллионно-

го отхода в виде бетонного лома в Чеченской Республике [6-9]. Грозненская научная школа доказала, что в результате переработки этого техногенного материала образуются вторичный щебень (70%), отсеv от дробления лома бетона (20%) и пылевидная фракция, которые являются альтернативой традиционному природному заполнителю и наполнителю. Проведенный сравнительный анализ химического состава различных природных заполнителей из горных пород и бетонного лома (таблица 1) показал, что вторичный материал отличается высоким содержанием кремнезема, минимальным количеством нежелательных примесей и полным отсутствием наличия глинистых и илистых соединений [8, 9].

Оксидный состав отсева дробления бетонного лома свидетельствует о однородности и схожести с минералами портландцементного клинкера, поэтому использование мелкодисперсной фракции позволит конкурировать с микронаполнителями естественного происхождения (рисунок 2).

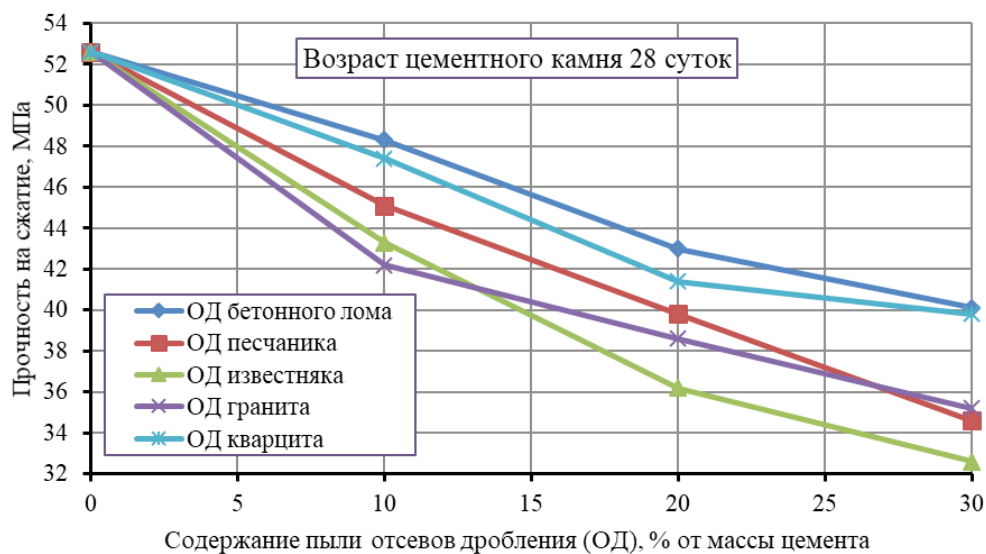
Приведенные результаты подтверждают эффективность отсеvов дробления, полученных из строительного отхода, так как при постоянном содержании пылевидной фракции отсеvов дробления прочность цементного камня в 28-суточном возрасте больше всего снижается при добавлении известняковой муки и меньше всего – пыли бетонного лома. Объяснением этому служат негидратированная растворная часть, присутствующая в составе вторичного заполнителя (20%), и наличие активных центров кристаллизации на поверхности мелкодисперсной пыли, которые способствуют образованию дополнительных порций труднорастворимых новообразований в цементном камне.

Таким образом, проблема многотоннажных строительных отходов весьма актуальна, особенно для крупных городов мира, так как затруднительно размещать их на специально отведенных полигонах, и в основном они скапливаются на ценных сельскохозяйственных угодьях, что приводит к серьезному загрязнению окружающей среды.

Таблица 1.

Средний химический состав исследуемых заполнителей, %

Оксиды	Вид заполнителя				
	Песчаника	Известняка	Гранита	Кварцита	Бетонного лома
SiO <sub>2</sub>	98,250	0,560	72,200	97,800	51,400
CaO	0,025	55,600	2,240	0,150	35,230
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,340	0,920	13,400	0,810	5,010
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,200	0,230	2,000	0,360	3,720
K <sub>2</sub> O	0,057	-	4,500	0,220	1,500
MgO	0,017	1,110	0,600	0,210	1,250
SO <sub>3</sub>	-	-	0,100	-	0,600
Na <sub>2</sub> O	0,130	-	3,000	0,070	0,510
TiO <sub>2</sub>	0,017	-	0,200	0,020	0,310
MnO	-	-	0,030	0,003	0,087
ппп	0,962	41,578	1,723	0,352	0,391



**Рис. 2.** Зависимость прочности цементного камня от содержания пылевидной фракции отсева дробления

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Юмашева Е. И. «Вэйст ТЭК-2001»: 2-я Международная выставка и Конгресс по управлению отходами // Строительные материалы. №7. 2001. С. 31-32.
2. Сидорчук В. Л. Проблемы обращения строительных отходов в Москве // Строительные материалы. №4. 2001. С. 37-38.
3. Султанбеков Т. К. Эколого-технологические основы производства сухих строительных смесей на природном и техногенном сырье. Дис. ... докт. техн. Наук. Алматы, 2001. 224 с.
4. Соломатов В. И., Коренькова С. Ф., Чумаченко Н. Т. Новый подход к проблеме утилизации отходов в стройиндустрии // Строительные материалы. №7-8. 1999. С. 12-13.



5. *Естемесов З.А., Султанбеков Т.К.* Оценка экологической ситуации в стройиндустрии и строительстве // *Материалы I РНПК: «Архитектурно-строительная наука – производству в современных условиях».* Усть-Каменогорск, 2001. С. 209-212.
6. *Муртазаев С-А. Ю., Саламанова М.Ш.* Перспективы использования термоактивированного сырья алюмосиликатной природы // *Приволжский научный журнал.* 2018. №2 (Т. 46). С. 65-70.
7. *Bataev D. K-S., Murtazayev S-A. Yu., Salamanova M. Sh., Viskhanov S. S.* Utilization of Cement Kiln Dust in Production of Alkali-Activated Clinker-Free Binders (Использование цементной пыли в производстве бесклинкерных вяжущих щелочной активации) // *Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” dedicated to the 85th anniversary of H. I. Ibragimov (ISEES 2019).* Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. P. 457-460.
8. Бетонные композиты с использованием гравийно-песчаных смесей месторождений Чеченской Республики / *А.Х. Аласханов, С.-А.Ю. Муртазаев, М.С. Сайдумов, М.С. М. Хубаев [и др.]* // *Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки.* 2019. Т. 46. №2. С. 136-147.
9. Рецептуры высокопрочных бетонов на техногенном и природном сырье / *Д. К.-С. Батаев, М.С. Сайдумов, Т.С. А. Муртазаева [и др.]* // *Актуальные проблемы современной строительной науки и образования. Материалы Всероссийской научно-практической конференции.* 2017. С. 109-116.

*“What is a weed? Plant,  
dignity that is not discovered”*  
**R. Emerson**

## CONSTRUCTION WASTE – AN INEXHAUSTIBLE SOURCE OF WEALTH FOR BUILDERS

© Z. A. Estemesov<sup>1</sup>, T. K. Sultanbekov<sup>1</sup>, N. B. Sarsenbaev<sup>2</sup>, G. R. Sauganova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LLC “CELSIM-Central laboratory of certification tests building materials”,  
Alma-Ata, Kazakhstan

<sup>2</sup>South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

The paper presents the ways of waste generation and ways of their rational use. The above analysis of the literature data confirmed that at present, new effective technologies based on them are being comprehensively studied and developed. Their repeated use contributes to the creation of waste-free or low-waste technologies in the urban construction system, which, in turn, is the used system for solving social, economic and environmental problems.

**Keywords:** construction waste, storage, processing, renovation, demolition of buildings, concrete scrap, brick breakage.

## REFERENCES

1. Yumasheva, E. I. (2001) «Veist TEK-2001». 2-ya Mezhdunarodnaya vystavka i Kongress po upravleniyu otkhodami'. *Stroitel'nye materialy* ["Waste TEK-2001". 2nd International Exhibition and Congress on Waste Management. Building materials], No. 7, 2001, pp. 31-32.
2. Sidorchuk, V. L. (2001) 'Problemy obrashcheniya stroitel'nykh otkhodov v Moskve'. *Stroitel'nye materialy*. [Problems of construction waste management in Moscow. Building materials], No. 4, 2001, pp. 37-38.
3. Sultanbekov, T. K. (2001) 'Ekologo-tehnologicheskie osnovy proizvodstva sukhikh stroitel'nykh smesei na prirod-nom i tekhnogennom syr'e'. Dis. na soiskanie d-ra tekhn. nauk [Ecological and technological bases for the production of dry construction mixtures on natural and technogenic raw materials, D. Techn. Sc. Thesis.], Almaty, 224 p.
4. Solomatov V. I., Korenkova, S. F. and Chumachenko, N. T. (1999) 'Novyi podkhod k probleme utilizatsii otkhodov v stroiindustrii' *Stroitel'nye materialy* [A new approach to the problem of waste disposal in the construction industry. Building materials], No. 7-8, pp. 12-13.
5. Estemesov Z. A. and Sultanbekov T. K. (2001) 'Otsenka ekologicheskoi situatsii v stroiindustrii i stroitel'stve' *Materialy I RNPk: «Arkhitekturno-stroitel'naya nauka proizvodstvu v sovremennykh usloviyakh»* [Assessment of the ecological situation in construction industry and construction. Materials of the I RNPk. Architectural and construction science for production in modern conditions]. Ust-Kamenogorsk, pp. 209-212.
6. Murtazaev, S. A. Yu. and Salamanova, M. Sh. (2018) 'Perspektivy ispol'zovaniya termoaktivirovannogo syr'ya alyumosilikatnoi prirody'. *Privolzhskii nauchnyi zhurnal*. [Prospects for the use of thermally activated raw materials of aluminosilicate nature. Volga Scientific Journal]. №2 (V. 46). Pp. 65-70.
7. Bataev, D. K.-S., Murtazayev, S.-A. Yu., Salamanova, M. Sh. and Viskhanov, S. S. (2019) 'Utilization of Cement Kiln Dust in Production of Alkali-Activated Clinker-Free Binders'. *Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H. I. Ibragimov (ISEES 2019)*. Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. Pp. 457-460.
8. Alaskhanov, A. Kh., Murtazaev, S. A. Yu., Saidumov, M. S. and Khubaev, M. S. M. [et al.] (2019) 'Betonye kompozity s ispol'zovaniem graviino-peschanykh smesei mestorozhdenii Chechenskoi Respubliki' [Concrete composites using gravel-sand mixtures from the deposits of the Chechen Republic]. *Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical sciences*. Vol. 46. No. 2. Pp. 136-147.
9. Bataev, D. K. S., Saidumov, M. S. and Murtazaeva, T. S. A. [et al.] (2017) 'Retseptury vysokoprochnykh betonov na tekhnogennom i prirodnom syr'e' *V sbornike: Aktual'nye problemy sovremennoi stroitel'noi nauki i obrazovaniya. Materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. [Recipes of high-strength concrete based on technogenic and natural raw materials. In the collection: Actual problems of modern construction science and education. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Pp. 109-116.

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СОСТАВОВ БЕТОННЫХ КОМПОЗИТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРАВИЙНО-ПЕСЧАНЫХ СМЕСЕЙ

© Т. С-А. Муртазаева<sup>1,2</sup>, А. Х. Аласханов<sup>2</sup>, М. М-Я. Зайпулаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Академия наук Чеченской Республики, Грозный, Россия

<sup>2</sup>ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

Представлены современные подходы проектирования бетонов, так как точность проектирования обеспечивает достижение требуемых свойств бетона. Установлено, что наиболее точно можно считать опытно-расчетные методики определения производственных составов и их испытание в соответствии с действующими стандартами. Приводятся рациональные составы бетонов на гравийно-песчаных смесях рек Веденского района. Доказана эффективность применения гравийно-песчаных смесей в технологии бетона после их обогащения и фракционирования, способствующих улучшению контактной зоны такого заполнителя и цементного камня, и, как следствие, повышению прочности бетона.

**Ключевые слова:** гравийно-песчаные смеси, заполнители, химическая добавка, подбор бетона, производственный состав, физико-механические свойства.

Современные подходы проектирования составов бетонов предполагают выбор оптимального массового соотношения между его компонентами (цемента, воды, песка и щебня (гравия), химических добавок и наполнителей различной природы), который обеспечивает требуемые реологические показатели (подвижность, удобоукладываемость, сохраняемость) и заданные физико-механические и эксплуатационные свойства затвердевшего бетонного композита при минимальном расходе цемента [1-6].

Классический алгоритм подбора бетонных составов предполагает:

- 1) формулировку основных требований к свойствам проектируемого бетона;
- 2) определение компонентов бетонной смеси с заданными свойствами и параметрами;
- 3) теоретический расчет рецептуры одним из известных способов;
- 4) проверка теоретически полученного состава на экспериментальных замесах в лабораторных условиях;
- 5) производственная проверка полученного состава и его корректировка при необходимости;

б) камеральная обработка полученных данных и проведение исследований по изучению свойств запроецированного бетона на предложенных составах.

Правильный подбор рецептуры бетона прежде всего определяется эффективным подбором компонентов бетонной смеси, по своим свойствам изначально удовлетворяющие предъявляемым требованиям. Для проектируемого бетона – это прежде всего его класс, для бетонной смеси – его реологические свойства (сроки схватывания, удобоукладываемость, сохраняемость), для регуляторов приготовления, твердения и выдерживания бетона – механизм их взаимодействия с коагуляционной системой, находящейся в химически активном состоянии. Безусловно, большое влияние на получение эффективного состава имеют физико-механические и эксплуатационные свойства компонентов бетона, используемых для его приготовления. Кроме того, при проектировании состава необходимо учитывать технологические аспекты приготовления бетонной смеси, условия его выдерживания (нормальные, зимние, условия сухого жаркого климата) и ухода за приготовленным бетонным композитом [5, 6, 8, 10].

Таблица 1.  
Сравнительные исследования свойств бетонных смесей и бетонов на основе ГПС  
Веденского месторождения

№	Состав	Проектный класс (марка)	Требуемая прочность бетона, МПа	Рецептура: расход материалов на 1 м <sup>3</sup> бетонной смеси, кг						Реология			Физико-механические свойства		
				Цемент	Гравийно-песчаная смесь	Щебень	Песок	Добавка	Вода	Водоцементное соотношение	Осадка конуса бетонной смеси, см	Ползучесть (марка) бетона по ОК	Объемный вес, кг/м <sup>3</sup>	Кубиковая прочность, МПа	
														Через 7 суток	Через 28 суток
1	K1	B 7,5 (M100)	9,8	205	-	1189	748	-	229	1,11	15	п <sup>3</sup>	2308	7,5	13,1
2	P11			241	1972	-	-	-	239	1,03	12		2319	7,9	13,2
3	P12			202	2079	-	-	1,9	179	0,88	10,5		2328	8,9	10,4
4	K2	B12,5 (M150)	16,5	249	-	1198	727	-	240	0,89	12,5	п <sup>3</sup>	2351	13,5	17,7
5	P21			277	1957	-	-	-	250	0,79	12,5		2338	12,6	16,8
6	P22			251	2028	-	-	2,4	179	0,68	11,5		2352	15,1	18,5
7	K3	B15 (M200)	19,8	298	-	1198	630	-	239	0,81	13,5	п <sup>3</sup>	2349	15,8	24,1
8	P31			349	1909	-	-	-	237	0,65	11,5		2344	15,0	23,0
9	P32			289	1976	-	-	3	191	0,61	9,5		2352	16,9	21,8
10	K4	B20 (M250)	26,3	335	-	1248	526	-	222	0,67	12,5	п <sup>3</sup>	2358	17,8	27,7
11	P41			409	1856	-	-	-	2228	0,55	12,5		2359	17,30	26,4
12	P42			3345	1938	-	-	3,5	176	0,50	13,5		2366	20,2	25,9
13	K5	B22,5 (M300)	29,5	381	-	1248	499	-	239	0,62	11	п <sup>3</sup>	2364	21,9	31,1
14	P51			471	1819	-	-	-	245	0,51	15		2368	22,7	31,5
15	P52			396	1908	-	-	4,1	181	0,45	14		2381	24,1	32,0
16	K6	B25 (M350)	32,5	423	-	1248	449	-	246	0,57	13	п <sup>3</sup>	2378	24,4	34,9
17	P61			553	1748	-	-	-	251	0,45	10		2369	25,2	35,8
18	P62			468	1837	-	-	4,5	190	0,39	10		2381	28,4	35,6
19	K7	B30 (M400)	39,4	459	-	1298	412	-	244	0,51	11	п <sup>3</sup>	2389	28,7	43,2
20	P71			648	1655	-	-	-	254	0,42	12		2385	28,2	41,9
21	P72			521	1797	-	-	5,1	194	0,40	10		2388	32,7	39,4

Примечание: К (1-7) контрольные составы на основе щебня и песка Белгатовского и Червленского месторождений; Р – расчетные составы с ГПС Веденского месторождения

Как известно, действующие нормативные акты по подбору состава бетона в зависимости от наличия или отсутствия технологических характеристик вяжущего и заполнителей рекомендуют пользоваться одной из трех методик: расчетно-экспериментальной, ускоренной и по таблицам и номограммам. Первый способ применяется на базе использования формул, таблиц и графиков, когда имеются исходные данные по качеству цемента и заполнителей; второй – когда отсутствуют или недостаточно данных по качеству цемента и заполнителей, и, наконец, третий – когда имеется достаточная информация о качестве всех компонентов бетона [7, 9, 11].

Что касается проектирования составов тяжелых бетонов на гравийно-песчаных смесях (ГПС), то это довольно специфическая задача, прежде всего из-за неоднородности и нестабильности состава самой смеси, природы происхождения ГПС (речной, морской или горный), содержания илстых, глинистых и других вредных включений, существенно по-

нижающих качество ГПС как заполнителя для приготовления бетона. Не разрешается проектировать составы бетонов без отсева ГПС на гравий и песчаную составляющую, причем имеются достаточно сильные ограничения по содержанию глинистого сланца, который достаточно часто встречается в речных и горных гравийно-песчаных смесях республики. Если проектируются составы из морских ГПС, то крупные камни и валуны направляются на технологическую линию по получению из них щебня. Смесь из гравия и песка отсеивается, и по стандартной методике рассчитываются как заполнители бетона. Порядок определения состава бетона не меняется, но в соответствующих формулах коэффициенты  $A$  и  $A_1$ , учитывающие качество применяемых материалов, принимаются как для материалов пониженного качества (соответственно – 0,55 и 0,37). Самым надежным способом качественного проектирования состава бетона, обеспечивающим достижение требуемых свойств бетона, является приготовление опытно-расчетным путем

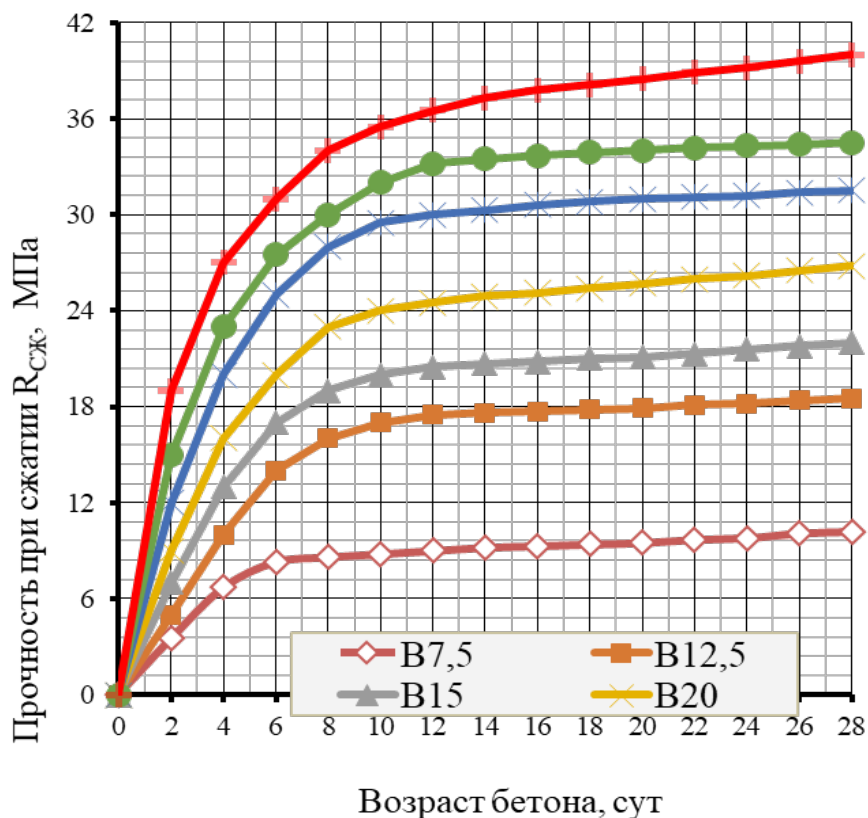


Рис. 1. Кривые набора прочности бетонов на речных гравийно-песчаных смесях

производственных составов и их испытание в соответствии с действующими стандартами [5, 8, 9].

В настоящей работе с целью определения наиболее рациональных составов бетонов на гравийно-песчаных смесях рек Веденского района проведены системные исследования, результаты которых представлены в таблице 1.

В качестве расчетного принимался состав на основе ГПС Веденского месторождения, который предварительно подвергался рассеиванию с использованием набора сит, в которых размер ячейки наиболее крупного составлял 40 мм, что говорит о том, что применялись смеси фракций 0-40 мм.

Для проведения сравнительных исследований с расчетным составом из Веденского месторождения использовались контрольные составы из щебня и песка Белгатоевского и Червленского карьеров.

Для регулирования технологических пара-

метров и физико-механических свойств бетона применялась химическая добавка «Полипласт СП-1» (один процент от расхода цемента).

Анализ полученных данных (таблица 1 и рисунок 1) позволяет сделать вывод о целесообразности эффективного использования гравийно-песчаных смесей для получения бетонов, отвечающих современным требованиям. Сравнительный анализ контрольных и расчетных составов показывает, что бетоны расчетных составов в целом и по технологическим параметрам, и по строительно-техническим параметрам не уступают аналогичным составам контрольных образцов.

Таким образом, при соответствующем подходе к проектированию составов на ГПС и соблюдении технологического регламента производства бетонных работ можно в полной мере обеспечить требуемые нормативно-эксплуатационные показатели тяжелых бетонов с заполнителями из гравийно-песчаных смесей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Баженов Ю. М.* Обзор современных высокоэффективных бетонов / Баженов Ю. М., Федюк Р. С., Лесовик В. С. // Научно-технические инновации. Электронный сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В. Г. Шухова. 2019. С. 45-49.
2. Бетонные композиты с использованием гравийно-песчаных смесей месторождений Чеченской Республики / *Аласханов А. Х., Муртазаев С.-А. Ю., Сайдумов М. С. [и др.], Хубаев М. С. М.* // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019. Т. 46. №2. С. 136-147.
3. Бетоны на заполнителях из валунно-галечно-гравийно-песчаных смесей / *Курбатов В. Л., Лесовик В. С., Дайронас М. В.* // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2008. №4. С. 20-22.
4. О влиянии генетических особенностей сырья и технологии на морфологию продуктов дробления / *Р. В. Лесовик, Е. И. Ходыкин, Д. М. Сопин [и др.]* // Промышленное и гражданское строительство. 2007. №8. С. 22-24.
5. Рецептуры высокопрочных бетонов на техногенном и природном сырье / *Батаев Д. К. С., Сайдумов М. С., Муртазаева Т. С.-А. [и др.]* // Актуальные проблемы современной строительной науки и образования: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 109-116.
6. *Баринова Л. С.* Прогноз основных тенденций развития рынка строительных материалов в России // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. №2. С. 8-11.
7. Составы тяжелых бетонов на основе заполнителей из гравийно-песчаных смесей месторождений Чеченской Республики / *Муртазаев С.-А. Ю., Сайдумов М. С., Аласханов А. Х.* // Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2019. Т. 15. №1 (15). С. 45-57.
8. *Хархардин А. Н.* Способы оптимизации гранулометрического состава зернистого сырья // Строительные материалы. 1994. №11. С. 24-25.



9. Эффективные способы модифицирования бетонов для улучшения физико-механических свойств / Хадисов В.Х., Саламанова М.Ш., Мовсулов М.М. // Современные проблемы в строительстве: постановка задач и пути их решения: Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет. 2019. С. 266-271.
10. Regulation of persistence (viability) of concrete mixtures using modern plasticizing agents / Saidumov M.S., Murtazaev S.A. Yu., Alaskhanov A.Kh., Murtazaeva T.S. A. // В сборнике: Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology. Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). 2019. С. 486-490.
11. Разработка составов долговечных бетонов с использованием композиционного вяжущего / М.Ш. Саламанова, Р.Г. Бисултанов, Т. С-А. Муртазаева, М. С-М. Хубаев // Научное обозрение. 2016. №10. С. 56-65.

## MODERN APPROACHES TO THE DESIGN OF CONCRETE COMPOSITES USING GRAVEL-SAND MIXTURES

© Т. С-А. Murtazaeva<sup>1,2</sup>, Т. А. Н. Alaskhanov<sup>2</sup>, М. М-З. Zaipulaev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Academy of Sciences of the Chechen Republic, Grozny, Russia

<sup>2</sup>GSTOU acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

The modern approaches to concrete design are presented, since the design accuracy ensures the achievement of the required concrete properties. It has been established that the most can be considered experimental calculation methods for determining production compositions and their testing in accordance with the current standards. Rational compositions of concrete on gravel – sand mixtures of rivers of Vedensky region are given. The efficiency of the use of gravel-sand mixtures in concrete technology after their concentration and fractionation has been proved, which improves the contact zone of such aggregate and cement stone and, as a consequence, increases the strength of concrete.

**Keywords:** gravel-sand mixtures, aggregates, chemical additives, concrete selection, production composition, physical and mechanical properties.

### REFERENCES

1. Bazhenov, Yu. M., Fedjuk, R. S. and Lesovik, V.S. M. (2019) 'Obzor sovremennykh vysokoeffektivnykh betonov' V sbornike: Naukoemkie tekhnologii i innovatsii. Elektronnyi sbornik dokladov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 65-letiyu BGTU im. V.G. Shukhova. [Review of modern high-performance concretes. In the collection: Science-intensive technologies and innovations. Electronic collection of reports of the International Scientific and Practical conference dedicated to the 65th anniversary of BSTU named after V.G. Shukhov]. Pp. 45-49.
2. Alaskhanov, A. Kh., Murtazaev, S.A. Yu., Saidumov, M. S., Khubaev, M. S. M. [et al.] (2019) 'Betonnye kompozity s ispol'zovaniem graviino-peschanykh smesei mestorozhdenii

- Chechenskoj Respubliki' [Concrete composites using gravel-sand mixtures from the deposits of the Chechen Republic]. *Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical sciences*. Vol. 46. No. 2. Pp. 136-147.
3. Kurbatov V.L., Lesovik V.S. and Dayronas M.V. (2008) 'Betony na zapolnitelyakh iz valunno-galechno-graviino-peschanykh smesei. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. [Concrete on aggregates from boulder-pebble-gravel-sand mixtures. Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov]. No. 4. S. 20-22.
  4. Lesovik, R. V., Khodykin, E. I. Sopin, D. M. [et al.] (2007) 'O vliyaniy geneticheskikh osobennostei syr'ya i tekhnologii na morfologiyu produktov drobleniya' *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. [About the influence of genetic characteristics of raw materials and technology on the morphology of crushing products. Industrial and civil construction]. No. 8. Pp. 22-24.
  5. Bataev, D. K. S., Saidumov, M. S., Murtazaeva, T. S. A. [et al.] (2017) 'Retseptury vysokoprochnykh betonov na tekhnogennom i prirodnom syr'e' *V sbornike: Aktual'nye problemy sovremennoi stroitel'noi nauki i obrazovaniya. Materialy vs Rossijskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. [Recipes of high-strength concrete based on technogenic and natural raw materials. In the collection: Actual problems of modern construction science and education. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Pp. 109-116.
  6. Barinova, L. S. (2005) [Prognoz osnovnykh tendentsii razvitiya rynka stroitel'nykh materialov v Rossii] *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka*. [Forecast of the main trends in the development of the building materials market in Russia. Building materials, equipment, technologies of the XXI century]. No. 2. Pp. 8-11.
  7. Murtazaev, S. Yu., Saidumov, M. S. and Alaskhanov, A. Kh. (2019) 'Sostavy tyazhelykh betonov na osnove zapolnitelei iz graviino-peschanykh smesei mestorozhdenii Chechenskoj Respubliki' *Vestnik GGNTU. Tekhnicheskie nauki*. [Compositions of heavy concrete based on aggregates from gravel-sand mixtures of the Chechen Republic deposits. Bulletin of GGNTU. Technical science]. T. 15. No. 1 (15). Pp. 45-57.
  8. Kharkhardin, A. N. (1994) 'Sposoby optimizatsii granulometricheskogo sostava zernistogo syr'ya'. *Stroitel'nye materialy*. [Methods for optimizing the granulometric composition of granular raw materials], No. 11. P. 24-25.
  9. Khadisov, V. Kh., Salamanova, M. Sh. and Movsulov, M. M. (2019) 'Effektivnye sposoby modifitsirovaniya betonov dlya uluchsheniya fiziko-mekhanicheskikh svoystv'. *V sbornike: Sovremennye problemy v stroitel'stve: postanovka zadach i puti ikh resheniya. sbornik nauchnykh statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Yugo-Zapadnyi gosudarstvennyi universitet* [Effective methods of modifying concrete to improve physical and mechanical properties. In the collection: Modern problems in construction: setting tasks and ways to solve them. collection of scientific articles of the International Scientific and Practical Conference. Southwestern State University]. Pp. 266-271.
  10. Saidumov, M. S., Murtazaev, S.A. Yu., Alaskhanov, A. Kh. and Murtazaeva, T. S. A. (2019) 'Regulation of persistence (viability) of concrete mixtures using modern plasticizing agents'. *In the collection: Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology. Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H. I. Ibragimov (ISEES 2019)*. Pp. 486-490.
  11. Salamanova, M. Sh., Bisultanov, R. G., Murtazaeva, T. S.-A. and Khubaev, M. S.-M. (2016) 'Razrabotka sostavov dolgovechnykh betonov s ispol'zovaniem kompozitsionnogo vyazhushchego'. *Nauchnoe obozrenie*. [Development of compositions of durable concrete using a composite binder. Scientific Review]. No. 10. Pp. 56-65.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН В СОСТАВАХ БЕТОННЫХ КОМПОЗИТОВ

© С.-А. Ю. Муртазаев, М. С. Сайдумов, М. Ш. Саламанова, З. Ш. Гацаев  
ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

В работе представлен опыт практического использования бентонитовых глин, свидетельствующий о широком его применении во многих областях промышленности, и в частности в строительной индустрии, как перспективный материал для получения современных строительных композитов. Исследованиям подвергались бентониты местной сырьевой базы, на основании которых представлены результаты отбора проб, энергодисперсионный микроанализ и химический состав. Проведенные исследования подтверждают наличие необходимого оксидного и минерального составов, что позволит в дальнейшем получать строительные композиты, активированные щелочным затворителем.

**Ключевые слова:** бентонитовые глины, монтмориллонит, химический состав, минерал, адсорбент, влагопоглощение.

Бентонитовые глины (бентониты) можно считать уникальным природным сырьевым материалом, который формировался на протяжении миллионов лет и является ценным ресурсом во многих областях промышленности. Благодаря таким качествам, как водопоглощающая, ионообменная и адсорбирующая способности, антибактерицидное действие, отбеливающий эффект, обоснована возможность применения бентонита в металлургии в виде связующего в формовочных массах, при добыче и переработке нефти, для цементирования скважин и приготовления катализаторов, в сельском хозяйстве при организации мероприятий по уничтожению вредителей зеленых насаждений, при очистке грунтовых и сточных вод, при производстве бумажно-целлюлозной продукции, ликвидации жидких радиоактивных отходов, при производстве косметической и лечебной глины в косметологии и фармации.

Эпоха практического применения бентонитовых глин началась в 19 веке в Бентоне (США), после чего интерес к ним вырос, и месторождения этого природного материала были разведаны во многих уголках планеты. Самыми большими запасами бентонита обладают Китай, США и Турция. В нашей стране открыто много месторождений бентонитовых

глин, но самые известные в Западной и Восточной Сибири, Курганской области [1-3].

Для того чтобы в полной мере понять, чем обусловлен спрос на эту горную породу осадочного происхождения, необходимо изучить ее минералогию и строение. Бентониты можно отнести к группе глинистых тонкодисперсных пород, с преобладанием в составе такого минерала, как монтмориллонит (60-70%). А как известно из проведенных ранее исследований [4, 6, 8, 9], именно порообразующий минерал монтмориллонит способствует высокой связующей способности, разбуханию, адсорбции и каталитической активности. Присутствие примесей в виде гидрослюда, цеолитов, каолинита только усиливает эти качества. Монтмориллонитовый минерал можно выразить следующей формулой:  $(\text{Na}, \text{Ca})_{0,33} (\text{Al}, \text{Mg})_2 (\text{Si}_4 \text{O}_{10}) (\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Химический состав отличается нестабильностью и зависит в основном от содержания воды (%):  $\text{SiO}_2$ -48-56,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -11-22,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -5,  $\text{MgO}$  - 4-9,  $\text{CaO}$  - 0,8-3,5,  $\text{H}_2\text{O}$  - 12-24 [5, 7].

Отличительной способностью монтмориллонита является слоистая кристаллическая структура в виде трехслойного пакета, образуемого изоморфными замещениями в октаэдрической решетке:  $\text{Al}^{3+} \rightarrow \text{Mg}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} \rightarrow \text{Li}^+$ . Сформированные таким образом пакеты





а)



б)



в)



г)



д)



е)

**Рис. 1.** Bentonитовые глины месторождения Катаяма (а); Сервноводск (б); процесс отбора проб материала (в, г); цветовые различия образцов (д, е)



соединяются между собой через микропористую прослойку, образуя слоистые структуры, именно это и обуславливает повышенную гидрофильность и разбухающий эффект [1, 5].

Приведенные сведения подтверждают востребованность и популярность этого материала, что и подтолкнуло исследователей Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М. Д. Миллионщикова на поиск возможных путей использования монтмориллонитовых

глин в строительстве, так как в Чеченской Республике также существует несколько известных месторождений бентонита. Бентонитовые глины обладают алюмосиликатным составом, который является ключевым звеном в формировании структуры и прочности вяжущих связей щелочной активации, поэтому эта добавка вызвала особый интерес.

Отбор проб исследуемого материала проводился с месторождений Катаяма и Серноводск, для чего приходилось извлекать глину

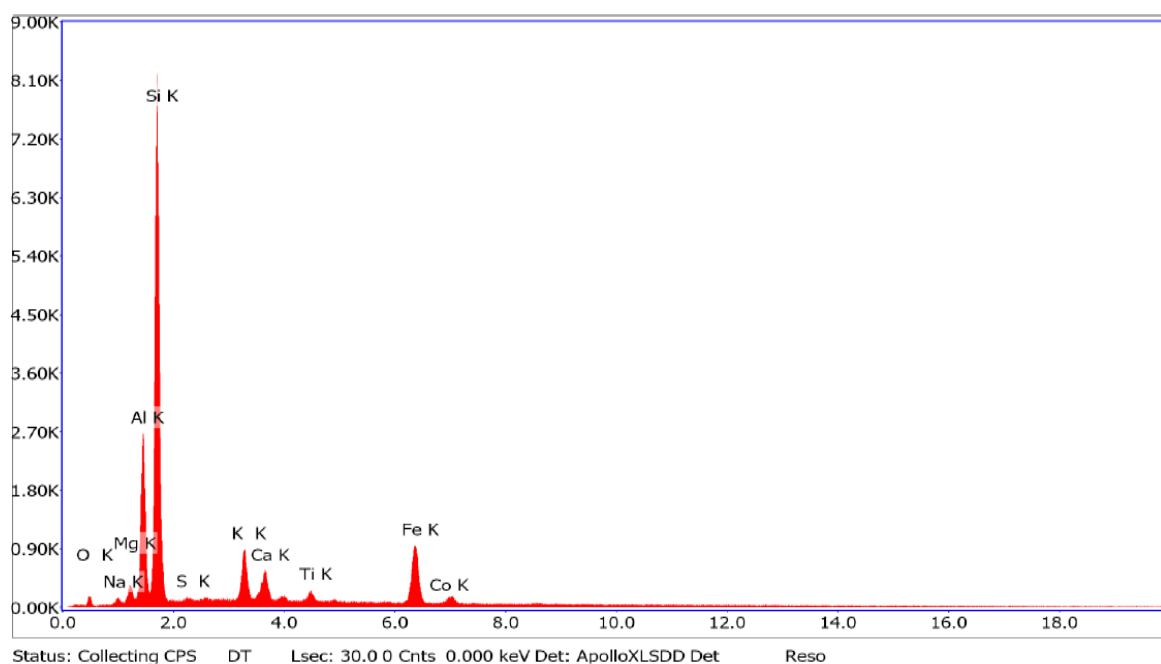
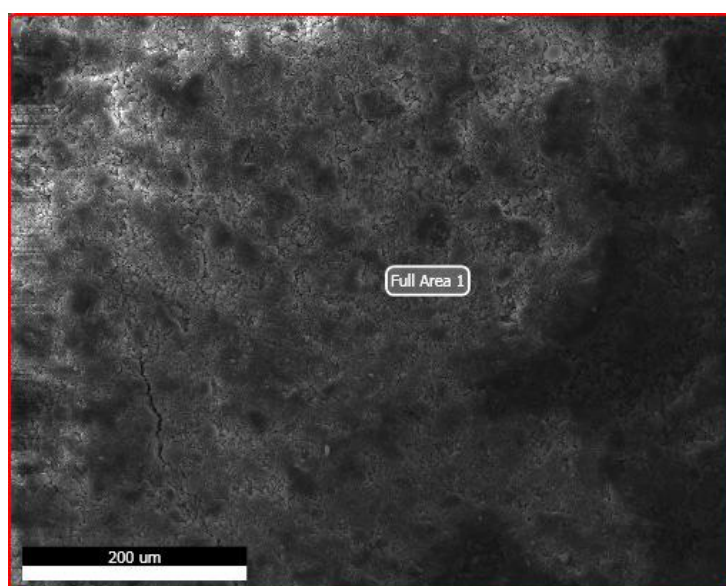


Рис. 2. Энергодисперсионный микроанализ бентонита месторождений ЧР



Таблица 2.

## Химический состав бентонитовых глин

Оксиды	Месторождение	
	Катаяма	Серноводск
SiO <sub>2</sub>	63,38	60,12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,09	17,01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,15	6,36
CaO	1,42	12,32
K <sub>2</sub> O	2,41	1,12
MgO	1,36	1,43
TiO <sub>2</sub>	0,98	0,82
Na <sub>2</sub> O	2,38	0,62
CoO	0,5	0,21

(массой более 10 кг с разных участков), выкапываемые ямы глубиной более 1 метра (рисунок 1).

Визуальный осмотр образцов бентонитов показал, что исследуемые породы отличаются слоистой текстурой (толщина слоя в среднем до 5 см), достаточным разнообразием цветовых окрасок, от светло-желтого до буро-красного, что свидетельствует о наличии примесей железа, марганца и других соединений.

Отобранные пробы бентонита исследовались методом растровой электронной микроскопии на микроскопе Quanta 200i 3D (США) с интегрированной системой микроанализа Genesis Apex 2 EDS от EDAX (рисунок 2).

Энергодисперсионный микроанализ бентонита местных месторождений показал явное преобладание алюмосиликатов в структуре, обнаружено присутствие различного оксидного состава (таблица 1). Химический состав позволяет провести сравнительный анализ исследуемых монтмориллонитовых глин, бентониты месторождения Катаяма отличаются более высоким содержанием алюмосиликатных оксидов до 18%, но щелочных оксидов обнаружено до 2,4%. В бентонитах месторождения Серноводск сравнительно высокое содержание щелочноземельных оксидов до 12,3%. Полученные результаты показали, что бентонитовые глины месторождения Катаяма можно отнести к щелочному типу, а месторождения Серноводск – кальциевому. Полученные зако-

номерности позволят моделировать свойства строительных композитов с учетом исходных параметров для создания долговечных материалов щелочного затвердения.

Микрофотографии зерен бентонитовых глин при различном увеличении (рисунок 3) подтверждают скрытокристаллическое, пластинчатое строение минералов, игольчатые чешуйки указывают на наличие цеолитовых соединений.

Как отмечалось ранее, бентонитовые глины имеют способность к самораспусканию в воде с образованием глиняных суспензий, для оценки гидрофильности исследуемого материала куски отобранных проб бентонита помещались в стеклянный сосуд и затворялись водой на несколько часов для получения однородной жидкой массы. Необходимо отметить, что процесс диспергации бентонитовых частиц и отделения различных примесей происходил достаточно быстро, в течение 3,5 часов образовался разбухший шлам, на дне сосуда наблюдалось присутствие примесей кварцевых частиц. Через 5 часов диспергации объем бентонитового шлама увеличивался на 15%, в глинах месторождения Катаяма этот эффект явно преобладал, а как было отмечено, они относятся к щелочному натриевому типу бентонитов. Следовательно, бентониты натриевого типа служат более лучшими адсорбентами, по сравнению с кальциевыми бентонитами.

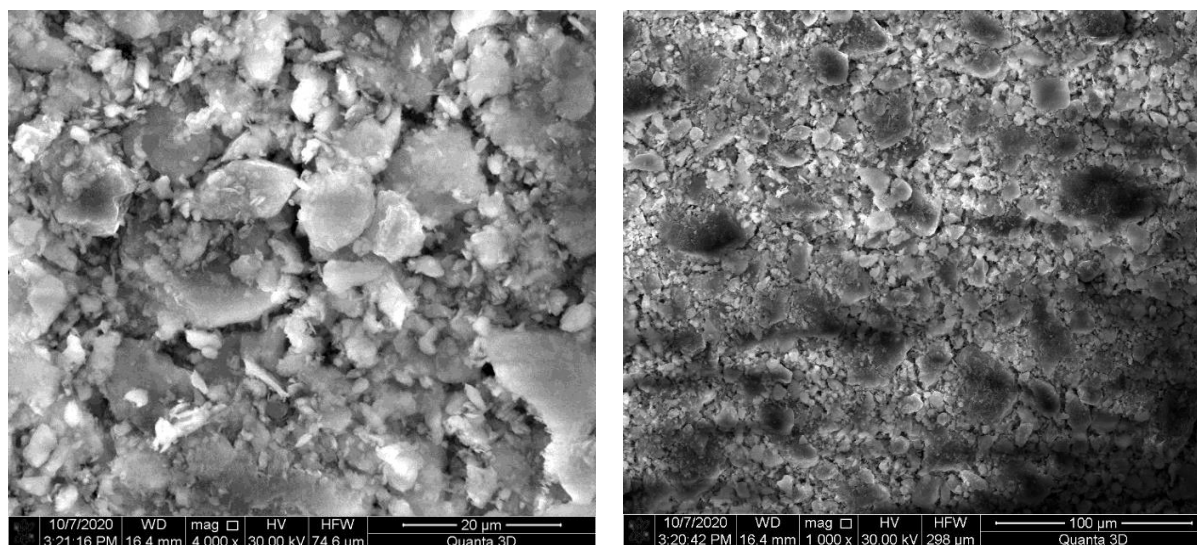


Рис. 3. Микрофотографии частиц бентонитовых глин при различном увеличении

Проведенные исследования местных бентонитовых глин показали, что данный материал можно использовать в качестве связующего сложной многокомпонентной системы с последующей их активацией щелочным раствором. Таким образом, бентонит, широко применяющийся в строительстве зданий различного

назначения (автомобильные и железные дороги, взлетные полосы, гидротехнические сооружения типа водохранилищ, водоемов и бассейнов, полигоны по захоронению бытовых, промышленных, радиоактивных и токсичных отходов), гарантированно найдет еще одну сферу своего практического использования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Перспективы использования термоактивированного сырья алюмосиликатной природы [Текст] / Муртазаев С-А. Ю., Саламанова М. Ш. // Приволжский научный журнал. 2018. № 2 (Т. 46). С. 65-70.
2. Murtazayev S- A. Yu., Salamanova M. Sh., Mintsayev M. Sh., Bisultanov R. G. Fine-Grained Concretes with Clinker-Free Binders on an Alkali Gauging (Мелкозернистые бетоны на основе вяжущих щелочной активации) Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H. I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. P. 500-503.
3. Bataev D. K-S., Murtazayev S- A. Yu., Salamanova M. Sh., Viskhanov S. S. Utilization of Cement Kiln Dust in Production of Alkali-Activated Clinker-Free Binders (Использование цементной пыли в производстве бесклинкерных вяжущих щелочной активации) / Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H. I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. P. 457-460.
4. Строительные материалы на основе жидкого стекла [Текст] / Солдатов А. А., Сапиев И. В., Жаров М. А., Абдураимова М. А. // Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности: Материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета / Н. И. Стоянов (отв. ред.). 2016. С. 192-195.
5. Саламанова М. Ш. Муртазаев С-А. Ю. Цементы щелочной активации: возможность снижения энергоемкости получения строительных композитов [Текст] // Строительные материалы. 2019. № 7. С. 32-41.

6. *Obata A., Kasuga, T., Jones, J. R.* Hydroxyapatite Coatings Incorporating Silicon Ion Releasing System on Titanium Prepared Using Water Glass and Vaterite. *Journal of the American Ceramic Society*. 2011. Vol. 94. Iss. 7. P. 2074-2079.
7. *Murtazayev S- A. Yu., Salamanova M. Sh., Mintsaeв M. Sh., Bisultanov R. G.* Fine-Grained Concretes with Clinker-Free Binders on an Alkali Gauging (Мелкозернистые бетоны на основе вяжущих щелочной активации) *Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019)*. Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. P. 500-503.
8. *Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T.* On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete // *MATEC Web of Conferences 27*. Сер. “27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018” 2018. С. 04018.
9. *Stelmakh S. A., Nazhnev M. P., Shcherban E. M., Yanovskaya A. V., Cherpakov A. V.* Selection of the composition for centrifuged concrete, types of centrifuges and compaction modes of concrete mixtures. *Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018) Abstracts & Schedule*. Edited by Yun-Hae Kim, I.A. Parinov, S.-H. Chang. 2018. С. 337.

## PROSPECTS FOR USING BENTONITE CLAYS IN CONCRETE COMPOSITES

© S. A. Yu. Murtazaev, M. S. Saydumov, M. Sh. Salamanova, Z. Sh. Gatsaev  
*GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia*

The paper presents the experience of the practical use of bentonite clays, which indicates its widespread use in many areas of industry, and in particular in the construction industry, as a promising material for obtaining modern building composites. The bentonites of the local raw material base were studied, on the basis of which the results of sampling, energy dispersive microanalysis and chemical composition are presented. The studies carried out confirm the presence of the necessary oxide and mineral compositions, which will allow in the future to obtain building composites activated with an alkaline grout.

**Keywords:** bentonite clays, montmorillonite, chemical composition, mineral, adsorbent, moisture absorption

### REFERENCES

1. Murtazaev, S.A. Yu. and Salamanova, M. Sh. (2018) ‘Perspektivy ispol’zovaniya termoaktivirovannogo syr’ya alyumosilikatnoi prirody’. *Privolzhskii nauchnyi zhurnal*. [Prospects for the use of thermally activated raw materials of aluminosilicate nature]. *Volga Scientific Journal*. No. 2 (T. 46). Pp. 65-70.
2. Murtazayev, S- A. Yu., Salamanova, M. Sh., Mintsaeв M. Sh., and Bisultanov, R. G. ‘Fine-Grained Concretes with Clinker-Free Binders on an Alkali Gauging’. *Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019)*. Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. Pp. 500-503.

3. Bataev, D. K.-S., Murtazayev, S.-A. Yu., Salamanova, M. Sh. and Viskhanov, S. S. 'Utilization of Cement Kiln Dust in Production of Alkali-Activated Clinker-Free Binders'. *Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019)*. Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. Pp. 457-460.
4. Soldatov, A. A. Sariiev, I. V., Zharov, M. A. and Abduraimova, M. A. (2016) 'Building materials based on liquid glass' [Text]. *In the collection: Actual problems of construction, transport, engineering and technosphere safety. Materials of the IVth annual scientific and practical conference of the North Caucasus Federal University. N.I. Stoyanov* (executive editor). pp. 192-195.
5. Salamanova, M. Sh. and Murtazaev, S.A. Yu. (2019) 'Cements of alkaline activation: the possibility of reducing the energy intensity of obtaining building composites'. *Building materials*. No. 7. Pp. 32-41.
6. Obata, A., Kasuga, T. and Jones, J. R. (2011). 'Hydroxyapatite Coatings Incorporating Silicon Ion Releasing System on Titanium Prepared Using Water Glass and Vaterite'. *Journal of the American Ceramic Society*. Vol. 94. Iss. 7. Pp. 2074-2079.
7. Murtazayev, S.-A. Yu., Salamanova, M. Sh., MintsaeV, M. Sh. and Bisultanov, R. G. 'Fine-Grained Concretes with Clinker-Free Binders on an Alkali Gauging'. *Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H. I. Ibragimov (ISEES 2019)*. Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. Pp. 500-503.
8. Nesvetaev, G., Koryanova, Y. and Zhilnikova, T. (2018) 'On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete' *MATEC Web of Conferences 27. Ser. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFOCE 2018"*. P. 04018.
9. Stelmakh, S. A., Nazhuev, M. P., Shcherban, E. M., Yanovskaya, A. V. and Cherpakov A. V. (2018) 'Selection of the composition for centrifuged concrete, types of centrifuges and compaction modes of concrete mixtures' *Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018) Abstracts & Schedule*. Edited by Yun-Hae Kim, I.A. Parinov, S.-H. Chang. Pp. 337.

**ВЕСТНИК ГГНТУ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**2020. Том XVI. № 4 (22)**

Редактор – *Таймасханова З.Р.*  
Корректор, дизайн и верстка – *Маслов Е.Н.*  
Технический секретарь – *Алаудинова А.И.*

Выход в свет 25.12.2020  
Формат 60x84/8. Печать офсетная  
Усл. печ. л. 8,8. Тираж 350 экз. Заказ № 106

Свободная цена

Типография: ИПЦ ИП Цопанова А.Ю.  
362002, г. Владикавказ, пер. Павловский, 3

Издание зарегистрировано Управлением Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций по Чеченской Республике.

Свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-79693 от 27 ноября 2020 г.

Журнал основан в 2001 г.